86-02843/

Environment Canada Environnement Canada

Limnological Survey Techniques from Small Aircraft

E.W. Marles

TECHNICAL BULLETIN NO. 139

INLAND WATERS DIRECTORATE
PACIFIC AND YUKON REGION
NATIONAL WATER RESEARCH INSTITUTE
VANCOUVER, BRITISH COLUMBIA, 1985

(Disponible en français sur demande)

© Minister of Supply and Services Canada 1985

Cat. No. En 36-503/139E

ISBN 0-662-14417-1

Contents

Page

ABSTRACT v

RÉSUMÉ v

INTRODUCTION 1

CHOICE OF AIRCRAFT 1

SUMMER OPERATIONS 1

WINTER OPERATIONS 2

INSTRUMENTATION AND DATA REDUCTION 2
Equipment specifications 2

SAFETY 3

SUMMARY 3

ACKNOWLEDGMENTS 3

APPENDIX A. Aircraft dimensions, capacities and costs 13

APPENDIX B. Equipment designs and costs 23

APPENDIX C. Inventory of equipment 31

Illustrations

Figure 1. Study area 7
Figure 2. Cessna TU206G on float – hand winch deployed 8
Figure 3. Cessna TU206G – interior view 8
Figure 4. Airplane hand winch on seat-track base 9
Figure 5. Airplane hand winch on ice base 9
Figure 6. Cessna A185F on ski/wheels with field party 10
Figure 7. Hughes 500D helicopter with field party 10
Figure 8. Applied Microsystems CTD-12 11
Figure 9. Data processing equipment 11
Figure 10. Sample data output 12

Abstract

Methods and equipment for obtaining limnological observations from small aircraft are described. This system has enabled conductivity/temperature/depth (CTD) profiles and water samples to be collected in all seasons from a remote chain of deep northern lakes.

Résumé

Ce rapport décrit les méthodes et les matériaux employés pour obtenir des données limnologiques en utilisant un petit avion. Cela a permis de faire des relevés techniques sur la conductivité, la température, la profondeur (CTP) et de prélever, à n'importe quel temps de l'année, des échantillons d'eau d'une chaîne de lacs profonds et éloignés dans le nord du pays.

Limnological Survey Techniques from Small Aircraft

E.W. Marlea

INTRODUCTION

In the summer of 1981, the National Water Research Institute (NWRI), Pacific and Yukon Region, began a phased physical, chemical, biological and geological study of the Yukon River headwater lakes. The lakes sampled included Atlin, Tagish, Marsh, Laberge, Teslin and Bennett, thus creating a sampling region of approximately 140 by 240 km (Fig. 1). For the physics and chemistry sampling it was desirable to have, as nearly as possible, an instantaneous longitudinal section of study parameters to illustrate physical and chemical processes. We estimated that sampling the 25 stations by boat or skidoo in the appropriate season would require at least six working days, assuming good weather. Significant expenditures for establishing fuel caches would also be incurred.

Small aircraft were chosen, therefore, on the basis of speed and efficiency. The transect of stations was consistently accomplished in three days. The speed of the aircraft sampling permitted the exploitation of smaller "windows" of good weather.

An added benefit of aircraft sampling was the opportunity to return to the field laboratory in Whitehorse to process physics data, which ensured data quality, and to prepare chemical samples. When projected costs, including manhours, logistics and fuel, of boat sampling were compared with costs of aircraft sampling they were found to be roughly equivalent.

This paper will describe the specific equipment developed for both summer and winter sampling in a remote northern environment, using a variety of small aircraft. An inventory of equipment can be found in Appendix C.

CHOICE OF AIRCRAFT

A sampling routine was developed, with the objective of using the smallest (most economical) aircraft suitable to the task. Our requirements included the ability to use a winch to deploy an Applied Microsystems CTD to 300 m, the ability to sample water to 300 m, and the ability to carry two technicians to do the work. We were also limited to the available charter aircraft in the region. For summer operations in the Whitehorse region this choice included Cessna 185F, Cessna TU206G, De Havilland DHC-2 "Beaver," and DHC-3 "Otter" aircraft, all on floats. The Cessna 185F on floats was too small and had inadequate door access; the De Havilland aircraft were too expensive to charter.

Once we had settled on the Cessna TU206G on floats for our work, a hand winch package was designed to bolt directly onto an aircraft seat track (Fig. 4) and deploy through the double rear cargo door (Fig. 2). A sample bottle rack was also designed to bolt in place in the aircraft (Fig. 3).

Similarly, for winter operations we chose the most appropriate aircraft available. The required equipment for winter sampling could be accommodated in the Cessna 185F on ski/wheels, since the equipment could be spread out on the ice for the actual sampling procedure (Fig. 6). A collapsible base for the winch was designed for ice use (Fig. 5).

When uncertainty about ice thickness made skiplane landings hazardous, a helicopter was employed. This enabled the field party to measure ice thickness before cutting engine power. For this work we used both Hughes 500D and Bell 206B helicopters, with "Bearpaws" on the skids. Dimensions, capacity and costs of the various aircraft are presented in Appendix A.

SUMMER OPERATIONS

The summer (ice-free) sampling routine described here is the complete Chemistry/Physics program undertaken in the second phase of the duty. The initial year of survey limnology included only the physics sampling.

After landing on station with the Cessna 206, both cargo doors were opened, the winch "A" frame was extended, and the CTD instrument was deployed (Fig. 2). The second operator assisted by guiding the CTD between the floats, attaching Niskin sampling bottles to the wire,

and by making Secchi depth and surface temperature observations. The CTD was lowered at approximately 20 m/min. Profiles and sampling were accomplished at stations as deep as 305 m. At chemistry stations six depths were normally sampled, requiring two casts of three bottles each. A 50-m vertical zooplankton haul was taken with a 0.5-m net. Under adverse wind and wave conditions, generally with wind speeds over 10 knots, it was necessary for the pilot to "power" into the wind to reduce wire angle owing to drift. The Cessna 206 on floats was able to land and sample in winds of 10 to 15 knots. At times it was necessary to land in the lee of a point and taxi to station.

The Applied Microsystems CTD-12 records internally on 3-in. reels of 0.25-in magnetic tape. The station data were recorded without opening the CTD case and without interim inspection of data. At the end of a day's sampling the physics data were read and processed with an Applied Microsystems MOD 769 Tape Translator and a Hewlett-Packard 85 computer.

This produced temperature and conductivity vs. depth, and temperature vs. conductivity plots, and tabulated standard depth data, which enabled the field technician to check data quality and provided an instant preliminary data report. Chemistry samples were filtered or preserved, as required, in the field laboratory.

WINTER OPERATIONS

There are both advantages and disadvantages to winter water sampling operations. The most significant advantage is that the stable operating surface of ice enables the sampling crew to spread out their gear and operate unconfined. Winter weather conditions tend to be stable for longer periods of time. Wind does not interfere with sampling except for the wind chill danger to personnel.

The disadvantages include uncertainty about ice quality while landing. Ice quality often varies with local conditions and may change significantly over short distances. Icing of sampling apparatus tends to be a problem below -10°C. Methanol was used liberally to keep ice off the equipment. It is also difficult to protect water samples from freezing at air temperatures colder than -10°C. "Overflow" of water on top of ice causes several problems. (We have found it deep enough to go over a standard 10-in. boot top!) Pilots of rotary and fixed wing aircraft are reluctant to land in overflow conditions because of the dangers of breaking through the snow to water beneath and the attendant risk of upset or difficulty on taking off again. It was usually possible to move a few hundred metres away from an obvious overflow site and find a sound landing location. This compromise of station location must be made or the station not taken at all.

The summer hand-winch assembly was modified for ice operations by providing a stand with simple push-in legs to facilitate stowing in the aircraft (Appendix B). A Stihl power ice auger was used for boring sampling holes, and a custom-designed ice chisel was fabricated for enlarging chemistry sampling holes. Usually three holes were opened out to a triangular shape for this purpose. The CTD was provided with a cage reduced in diameter for greater clearance in an 8-in auger hole. Later versions of the AML CTD-12 are reduced to a maximum 6.5-in. (16.5 cm) diameter.

INSTRUMENTATION AND DATA REDUCTION

Equipment Specifications

The equipment specifications follow:

- Applied Microsystems CTD-12 with special order dual conductivity range (0 - 0.5 ppt and 0 - 50 ppt) internally recording on 3-in. reels of 0.25-in. magnetic tape

Conductivity	0 - 0.5-ppt range locally calibrated 0 - 150 μS ±1 μS
Temperature	-2 - 30°C ±0.02°C
Depth	0 - 650 m ±0.1% Full Scale
Weight	7 kg in air, 5 kg in water

- Applied Microsystems Tape Translator Model 769, RS-232C interface

- Hewlett-Packard 85 portable computer, 32K RAM, RS-232C interface, Input/Output ROM

The CTD data are stored on tape as serial station records with no specific identification. Software was developed by NWRI Branch to process data from the Applied Microsystems CTD-12 instrument. The cycle of the instrument being lowered and raised is indicated as the depth data are displayed on the computer screen, and subsequent casts are separated by zero conductivity values. The station logbook is used to identify individual casts by their serial location on the tape. A secondary check on station location is the comparison of the field log record of meter wheel readout to the depth sensor's indicated depth. The data record for a complete station is read into the computer and stored temporarily on the processing tape. It is then converted into engineering units.

The data were edited by the field technician, usually the same day as collected. A surface value was assigned to the depth data, since there was no adjustment in this instrument to account for variation in ambient air pressure. When editing was completed, plots of temperature vs. conductivity were produced and printed by the computer's thermal printer.

When the plots were completed, the station header for the storage tape was filled in with information from the station logbook, and the data were stored on a separate storage cassette. The printed plots and summarized station data provided an instantaneous preliminary data report (Fig. 10).

SAFETY

In summer, the equipment generally carried by charter operators in their aircract was considered adequate. Field parties carried Mustang Sportswear Ltd. "Uvic Thermofloat" jackets to increase the likelihood that a life-jacket would be "on" when required, and to enhance cold water survival potential.

For winter flying operations a more conservative approach to survival equipment was followed. Field parties carried their own survival packs consisting of "arctic quality" down sleeping bags, freeze-dried foods, a small stove and a tent. "Bata" insulated boots were issued to field people, since winter sampling was to continue with temperatures as low as -40°C.

The most serious concern for safety arose from lack of prior knowledge of ice thickness. Because of concerns about the safety of ski-plane landings on Atlin and Tagish lakes, the study group started to employ helicopters. Some consideration was given to prior local reconnaissance of ice conditions but such reconnaissance was never implemented. The variability of ice conditions over small distances and the difficulty of communicating with isolated inhabitants made reconnaissance impractical.

SUMMARY

An airborne limnology sampling system has been described, which has

(a) repeatedly sampled a 400-km section in three days;

(b) sampled conductivity and temperature continuously to 300-m depth;

(c) obtained standard chemistry samples to 300-m depth;

(d) completed this program, year round, in a remote northern lake region.

ACKNOWLEDGMENTS

The work described in this report could not have been completed without the assistance of many people. E.C. Carmack initiated the development of limnological sampling methods from minimum size aircraft and encouraged the production of this report. Warren Foster fabricated much of our specialized mechanical equipment. Monty Alford provided the ice chisel specifications. Ray Kirkland assisted with field work. Ron Wiegand and Jeanne Cheng developed the data processing programs. The willing help of pilots from the various charter companies is gratefully acknowledged.

Figures 1 to 10

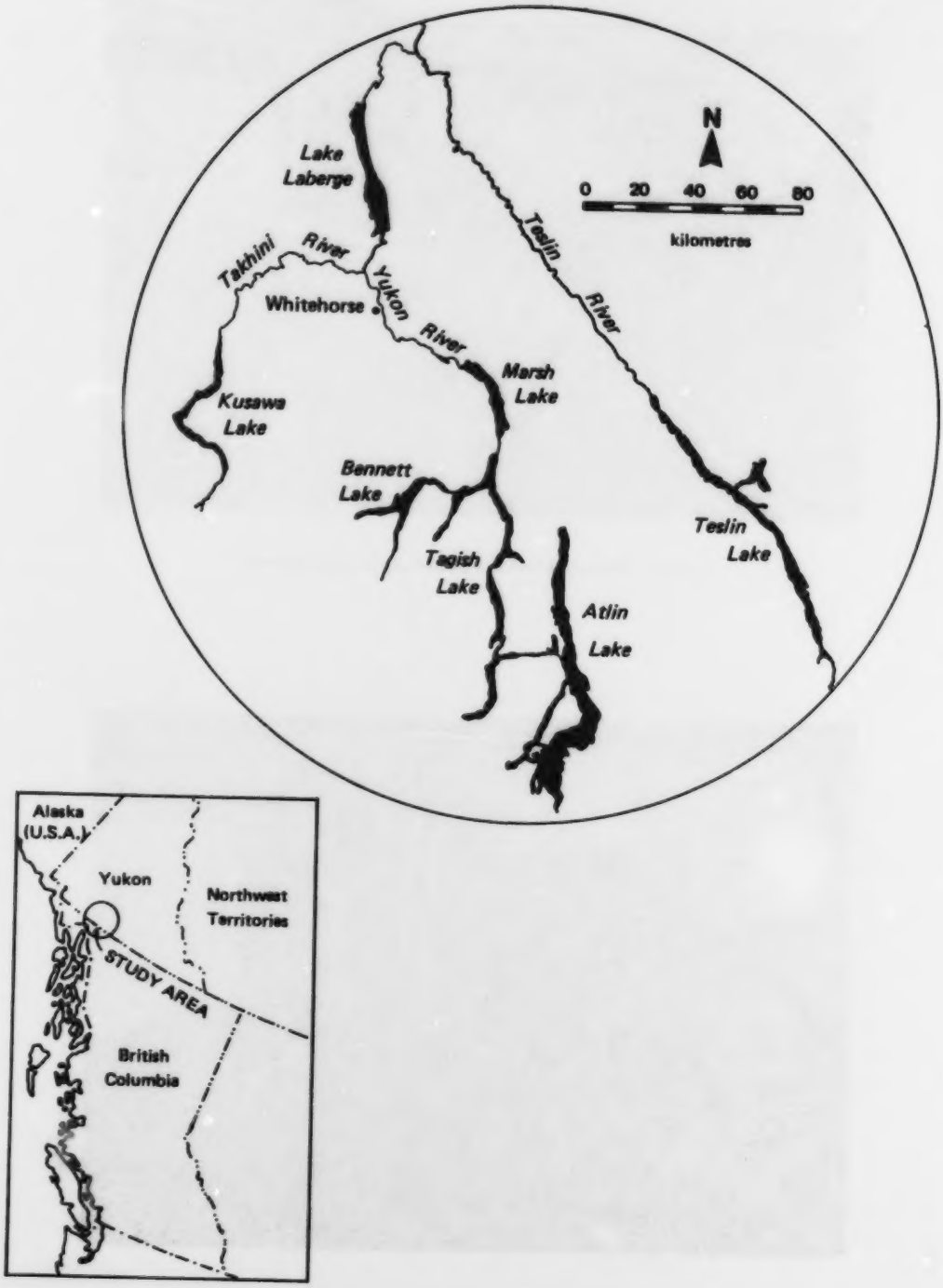


Figure 1. Study area.

Figure 2. Cessna TU206G on floats – hand winch deployed.

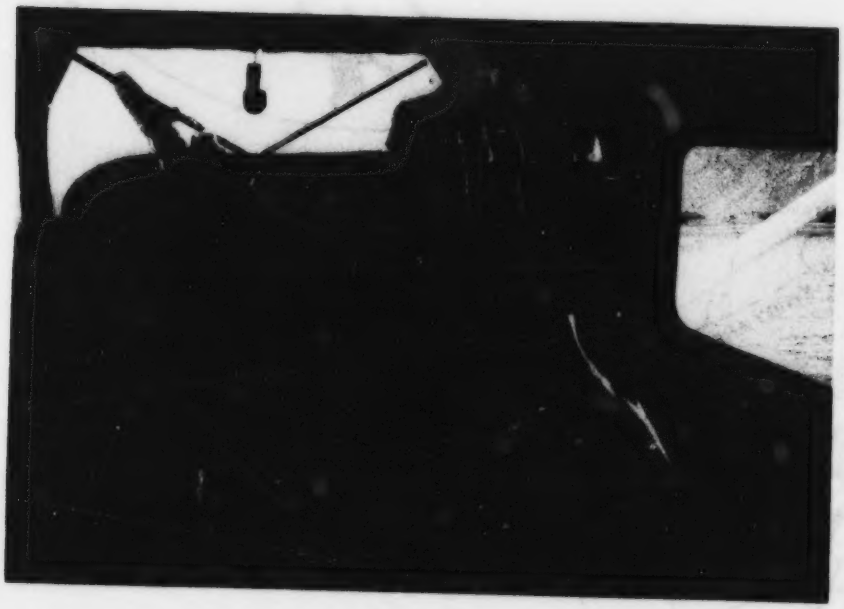


Figure 3. Cessna TU206G – interior view.

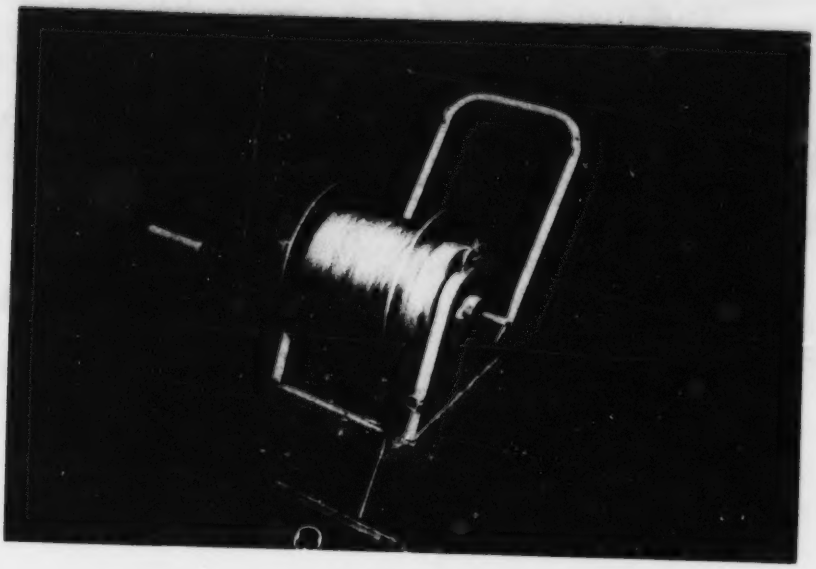


Figure 4. Airplane hand winch on seat-track base.

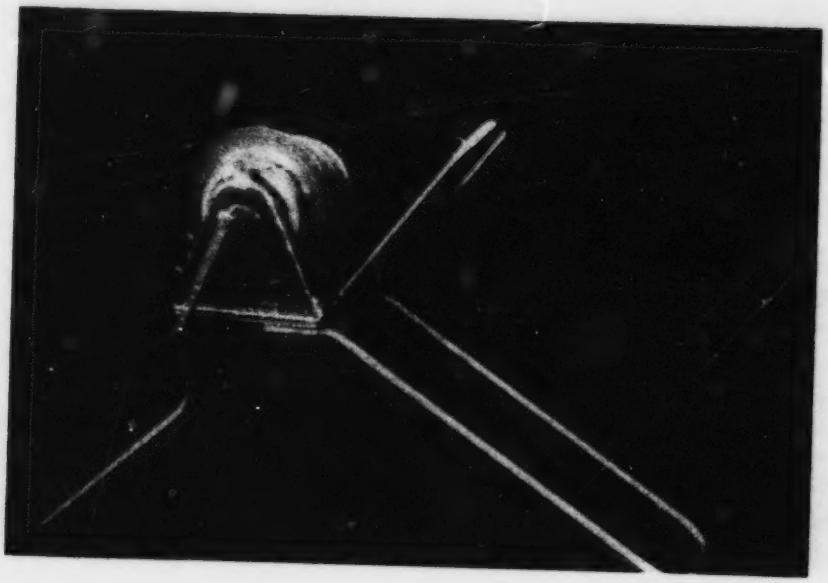


Figure 5. Airplane hand winch on ice base.

Figure 6. Cessna A185F on ski/wheels with field party.

Figure 7. Hughes 500D helicopter with field party.

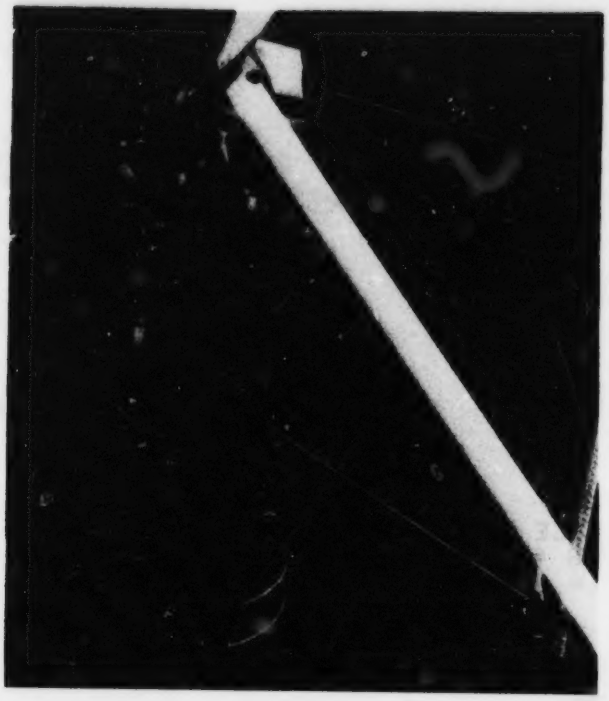
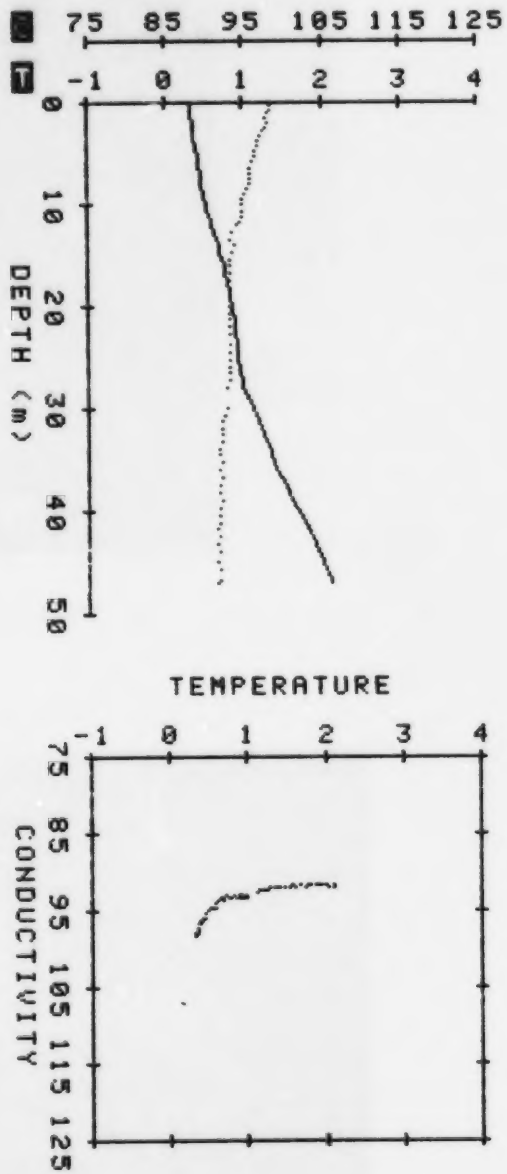


Figure 8. Applied Microsystems CTD-12.

Figure 9. Data processing equipment.




```
DATA STORED IN FILE LL3G
NUMBER OF RECORDS =  87
NUMBER OF SCANS =  74


AML TAPE LABEL: LLHS840327
OPERATOR'S NAME: EM
CRUISE No.: 1
DATE(yymmdd): 840327 TIME: 1046
LAKE: LABERGE
STATION: LL-3          CAST: 1
LAT:              LONG:
```

DEPTH	TEMP	C25	TRANS
0.0	.31	98	75.9
2.0	.35	98	75.9
5.0	.41	96	75.9
10.0	.52	95	75.9
15.0	.71	93	75.9
20.0	.85	93	75.9
25.0	.92	93	75.9
30.0	1.12	93	75.9
40.0	1.69	92	75.9
46.9	2.10	92	75.9

Figure 10. Sample data output.

Appendix A
Aircraft Dimensions, Capacity and Costs

Aircraft Dimensions, Capacity and Costs

Tables A-1 and A-2 provide a summary of aircraft capacity and relative costs of charter. Table A-3 contains the actual costs for flying time. The figures following the tables give the aircraft dimensions.

Table A-1. Summary of Aircraft Capacity

Aircraft type	Weight of bare aircraft			Gross weight	Fuel weight	Fuel consumption/h
	Wheels	Skis/Skids	Floats			
C185	1871	2011	2163	3350	446	108
C206	2075	–	2379	3600	552	115
DHC-2	3315	–	3415	5090	640	175
DHC-3	4631	4926	5116	8000	1281	220
H500	–	1360	–	3000	412	138
B206	–	1750	–	3200	491	172

Note: 1. All weights are in pounds.
2. Abbreviations:

C185 – Cessna A185F
C206 – Cessna TU206G
DHC-2 – De Havilland "Beaver"
DHC-3 – De Havilland "Otter"
H500 – Hughes 500D helicopter
B206 – Bell 206B helicopter

Table A-2. Relative Costs of Charter

Aircraft	Type	$ Can./min	$ Can./h	Relative cost
C185	Skis	1.25	160.00 + fuel	1.00
C206	Floats	1.50	180.00 + fuel	1.13
DHC-2	Floats	2.06	227.00 + fuel	1.52
DHC-3	Floats	2.50	250.00 + fuel	1.72
H500	Skids	–	450.00 + fuel	2.58
B206	Skids	–	500.00 + fuel	2.86

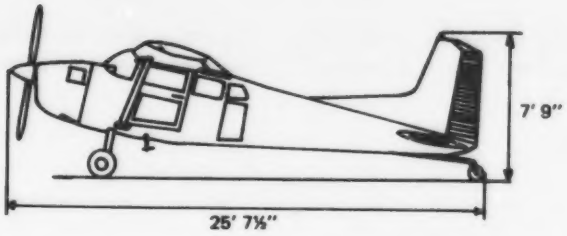
Note: 1. Based on various 1983/1984 tariffs; actual rates will vary with carrier.
2. Relative cost does not take account of greater load capacity or speed.

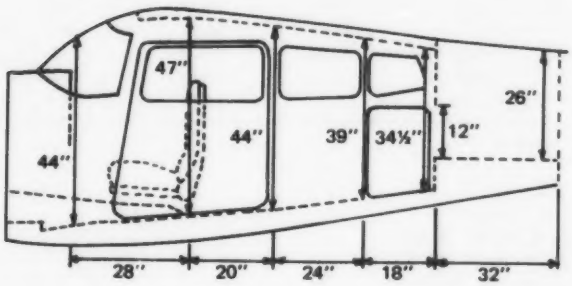
Table A-3. Actual Costs for Flying Time

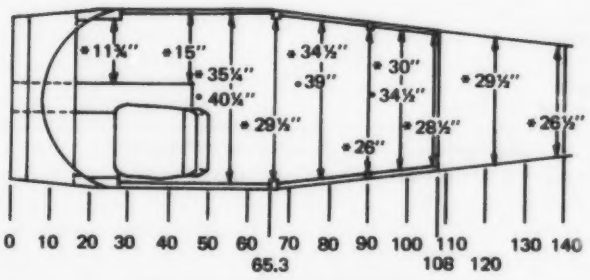
Season	Costs per survey	Costs per station
Summer 1983	$2000 Can.	$ 80 Can.
Winter 1983/84	3400 Can.	136 Can.

Note: Each survey covered a section of approximately 400 km with ±25 stations.

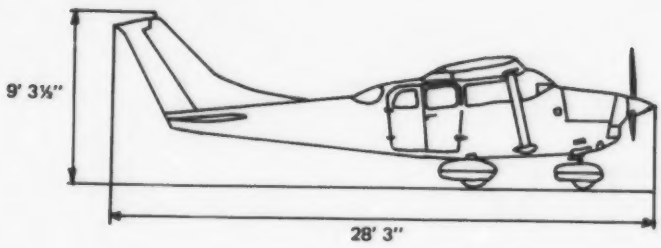
CESSNA A185F

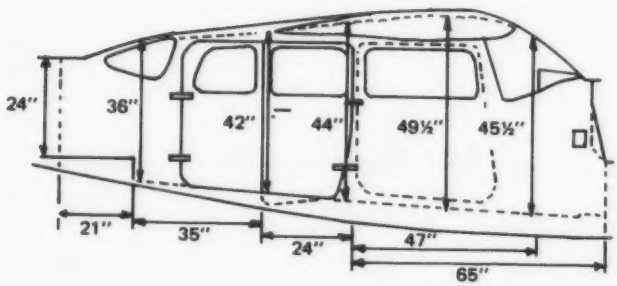


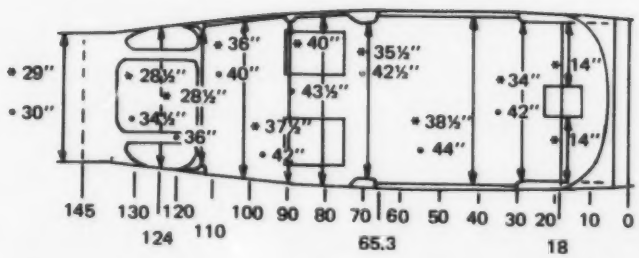




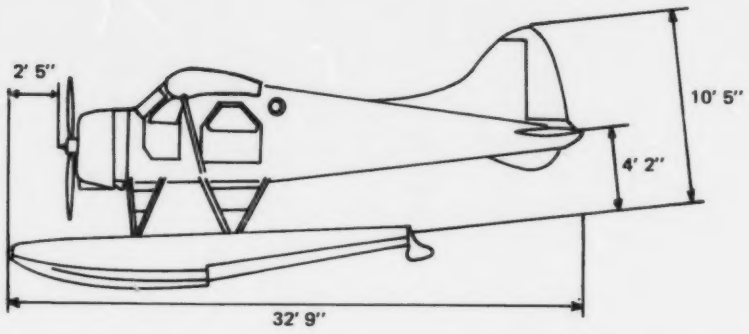
CESSNA TU206G



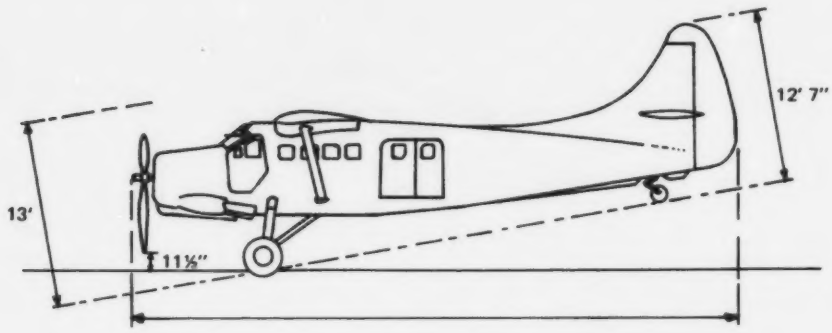


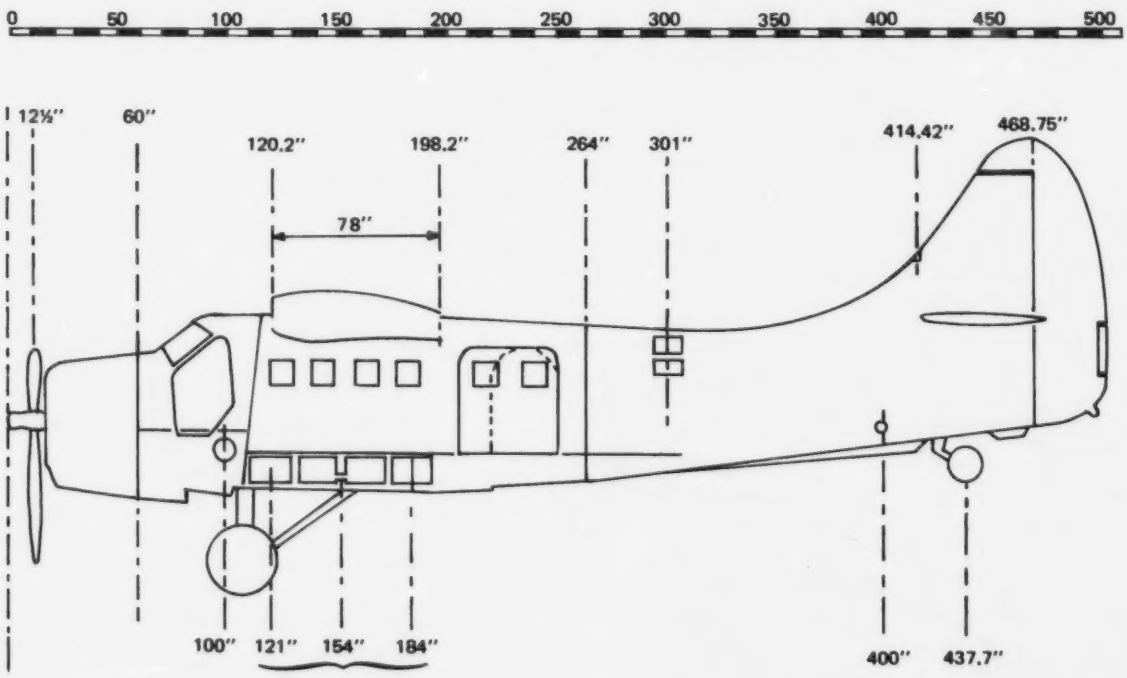


DEHAVILLAND DHC-2 "BEAVER"

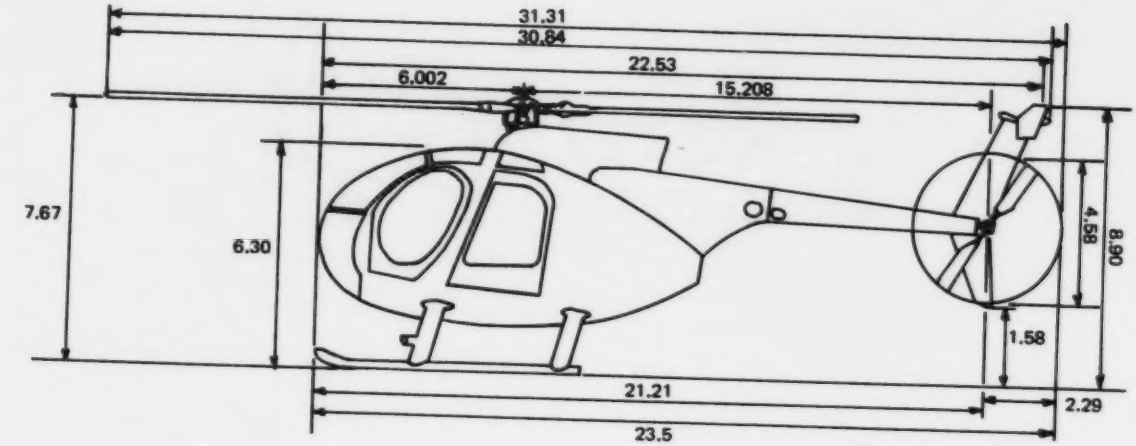


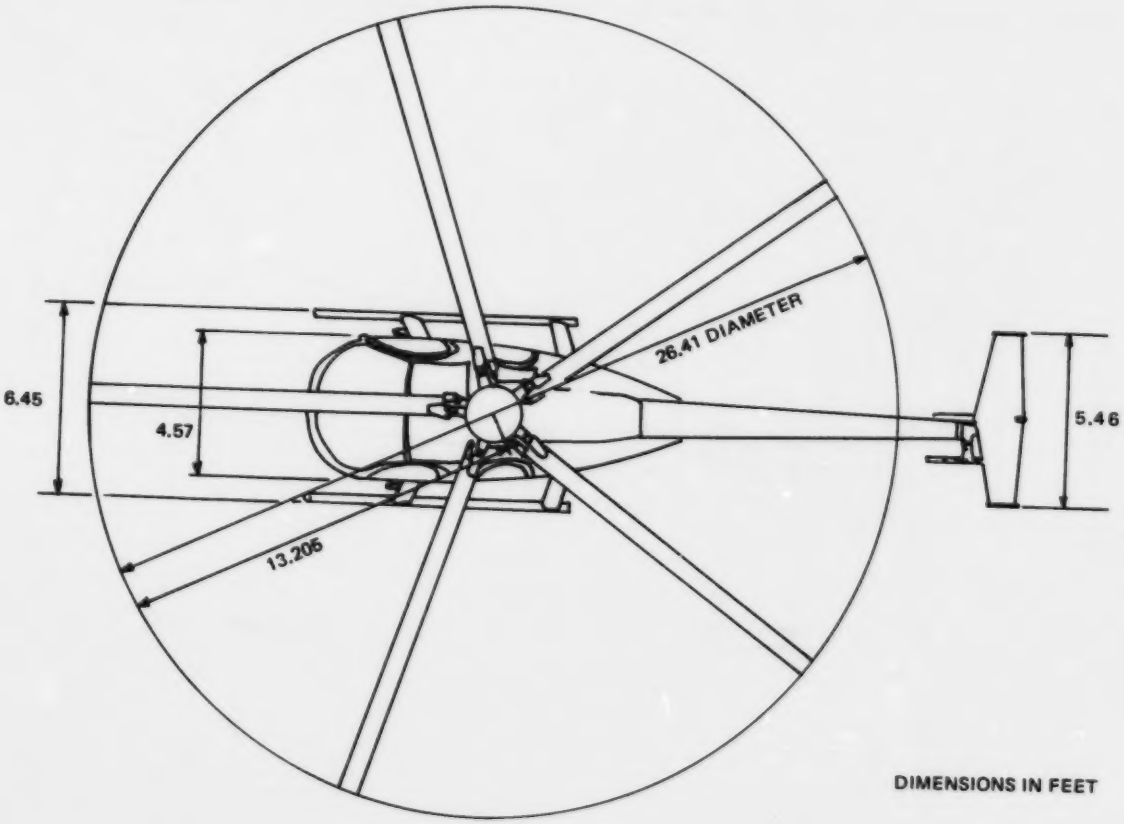
DEHAVILLAND DHC-3 "OTTER"



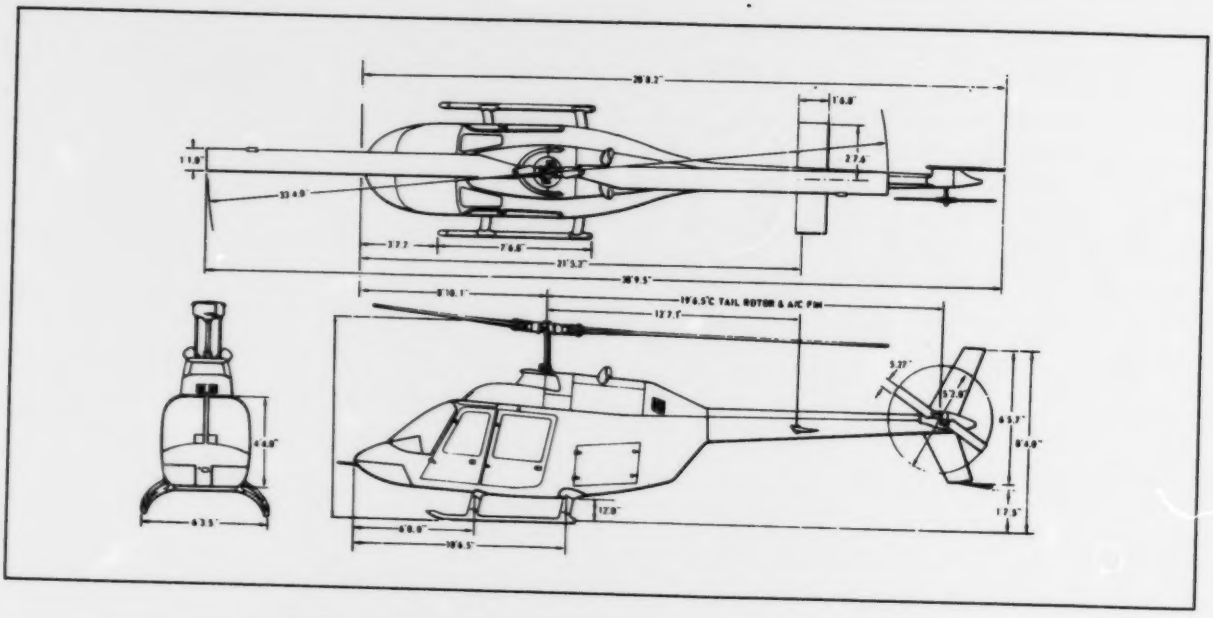


HUGHES 500





DIMENSIONS IN FEET



BELL 206B

Average cruise speed			125 mph		193 km
No. of passengers +1 pilot			4		
Max. gross weight, fuel included			lb		kg
Internal load			3200		1452
External load			3350		1520
Fixed floats			3000		1361
Operational weight			lb		kg
IFR N/A					
VFR			1750		794
Useful load			lb		kg
Max. internal load			1450		658
Max. external load			1200		545
Fuel type			JP 1, JP 4, JP 5		
Fuel capacity	L	kg	U.S. gal.	Imp. gal.	lb
(standard tanks)	273	212	76	63	491
Fuel consumption			78 kg/h		100 L/h
			172 lb/h		22 gal/h
Range			350 SM		565 km
Max. endurance			2.7 h		
Max. hook load			1200 lb		544 kg
Max. sling speed			Varies with load		
Aux. fuel capacity (when equipped)			78 imp. gal		354.5 L
			608 lb		276 kg

Appendix B
Equipment Designs and Costs

Equipment Designs and Costs

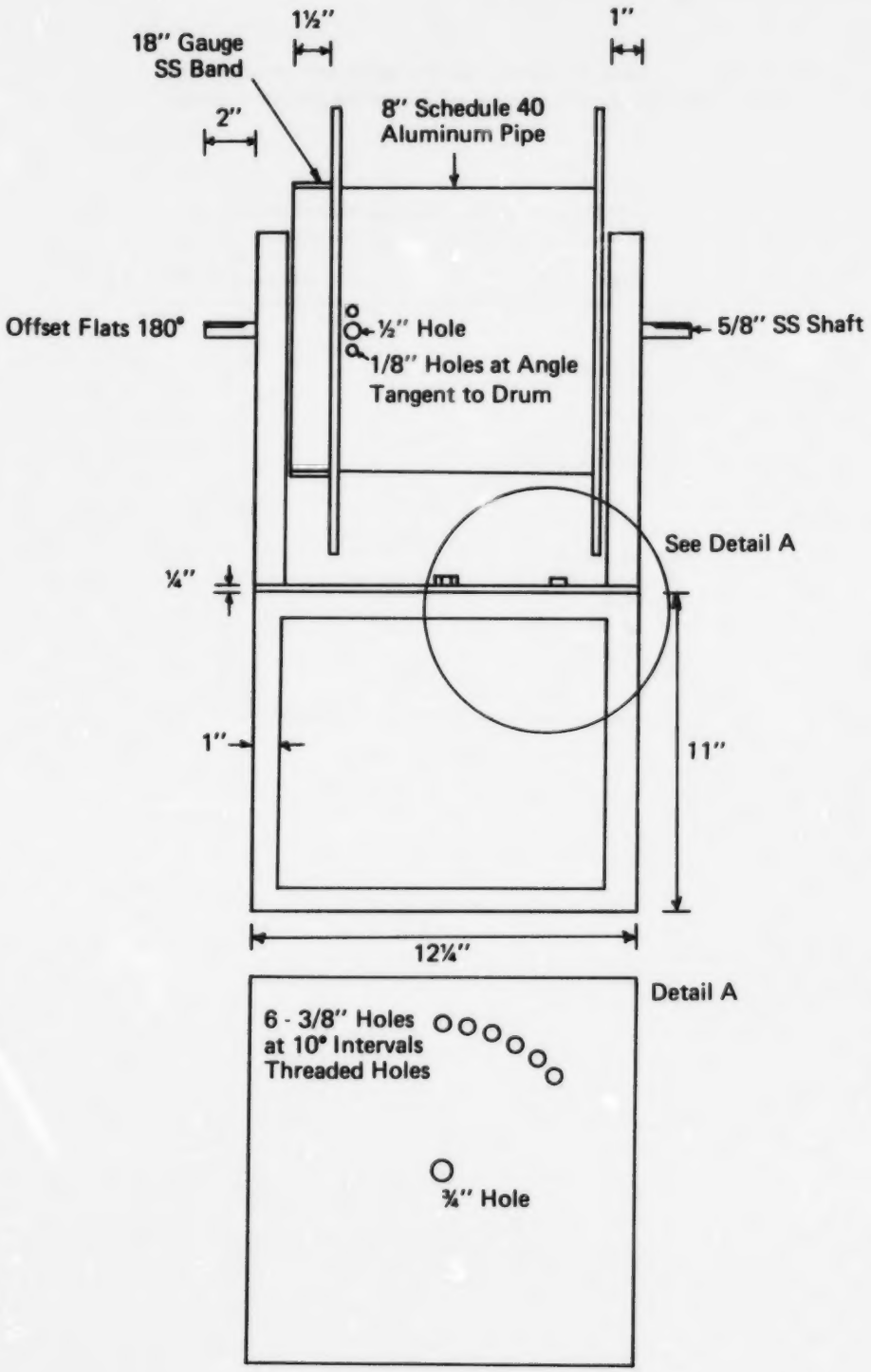
Table B-1 summarizes the initial cost of equipment. The figures following the table show the equipment design.

Table B - 1. Initial Cost of Equipment (1982 dollars)

Mode	Cost (thousands $Can.)
Summer	
Winch	1.1
Wire and meter block	1.0
CTD	8.0
Translator	5.0
Computer	3.0
Chemistry sampling gear	1.5
Tools	0.2
	19.8
Winter (additional)	
Winch base (ice)	0.3
Ice chisels	0.2
Ice auger and spares	1.0
Survival gear	1.0
Special clothing	0.8
	3.3

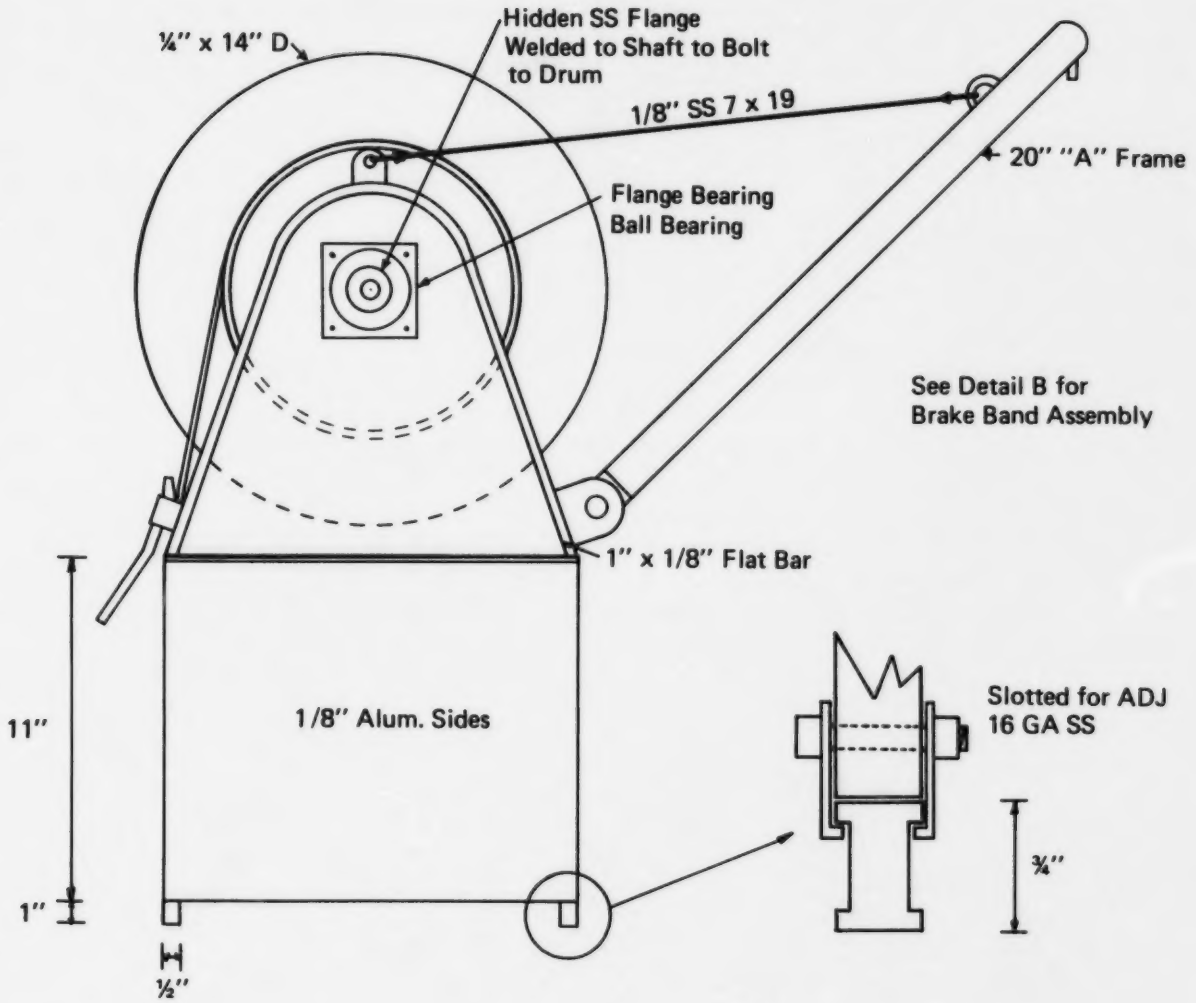
AIRPLANE HAND WINCH

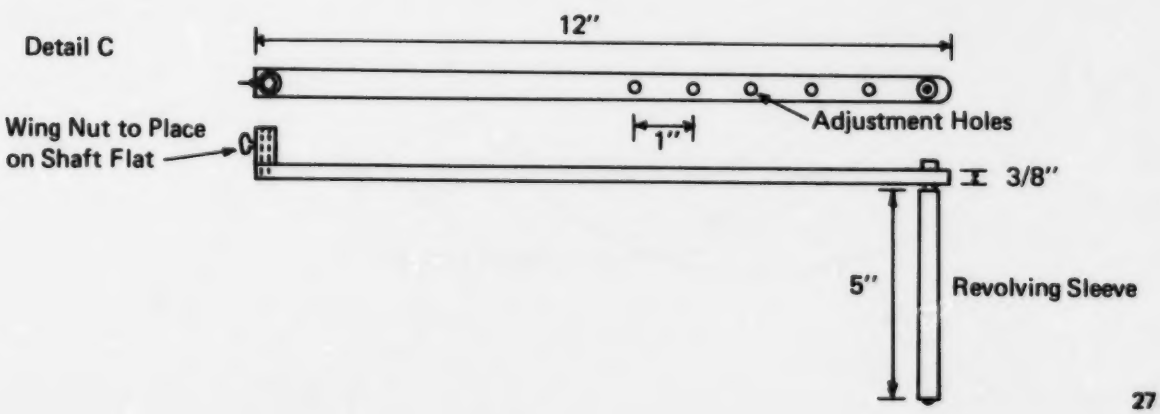
- FACE VIEW -



AIRPLANE HAND WINCH

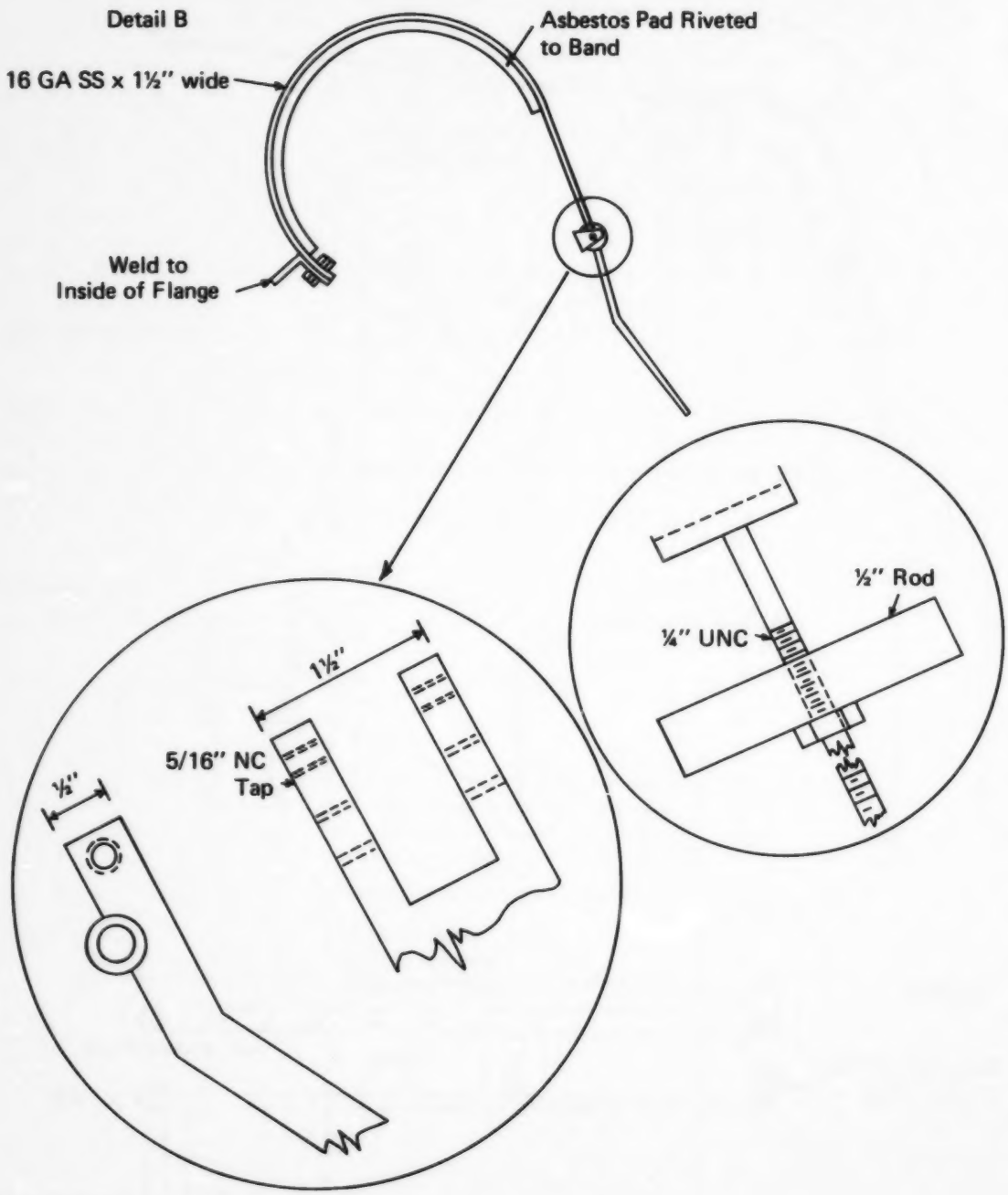
- SIDE VIEW -





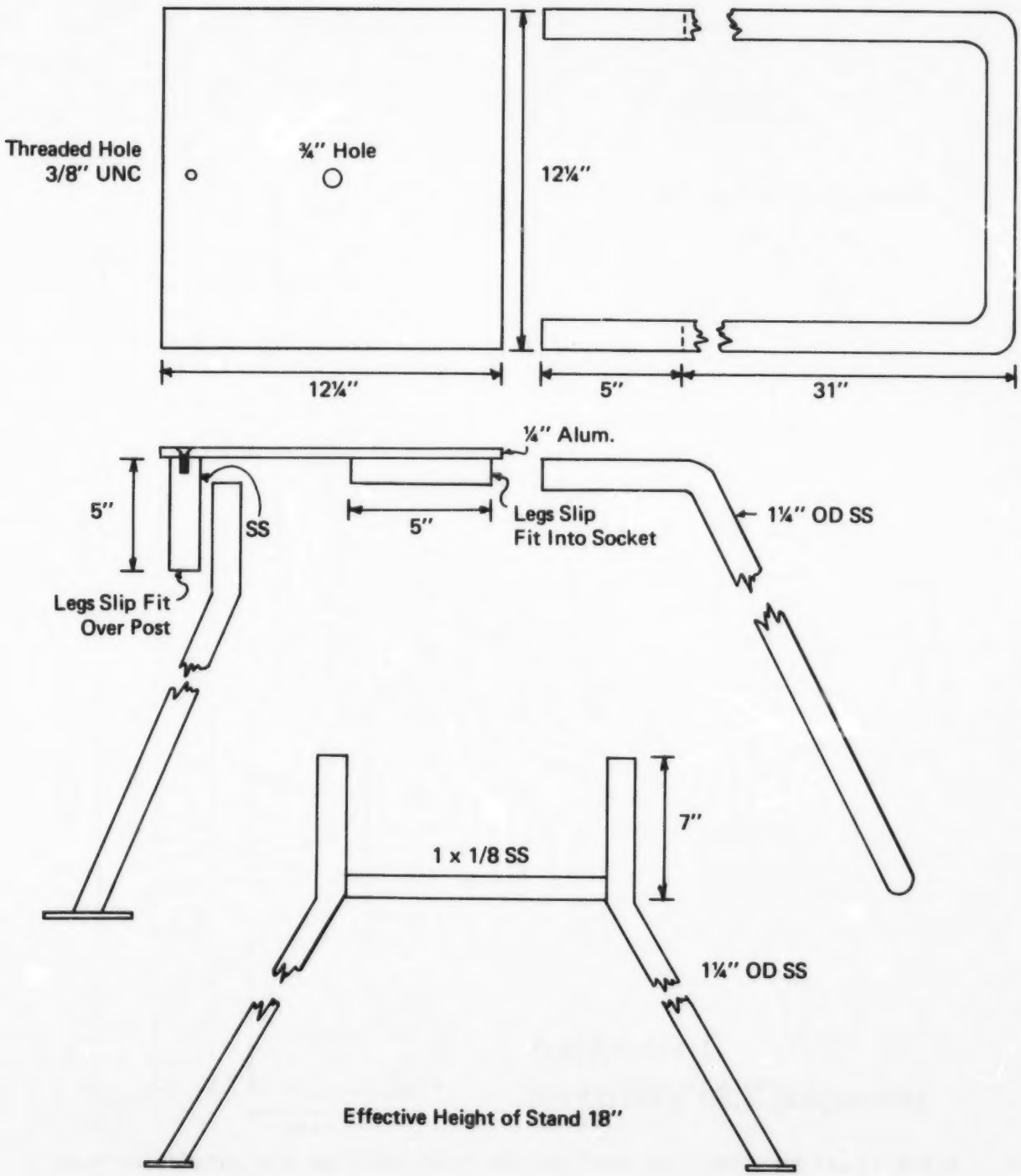
AIRPLANE HAND WINCH

- BAND BRAKE DETAIL -

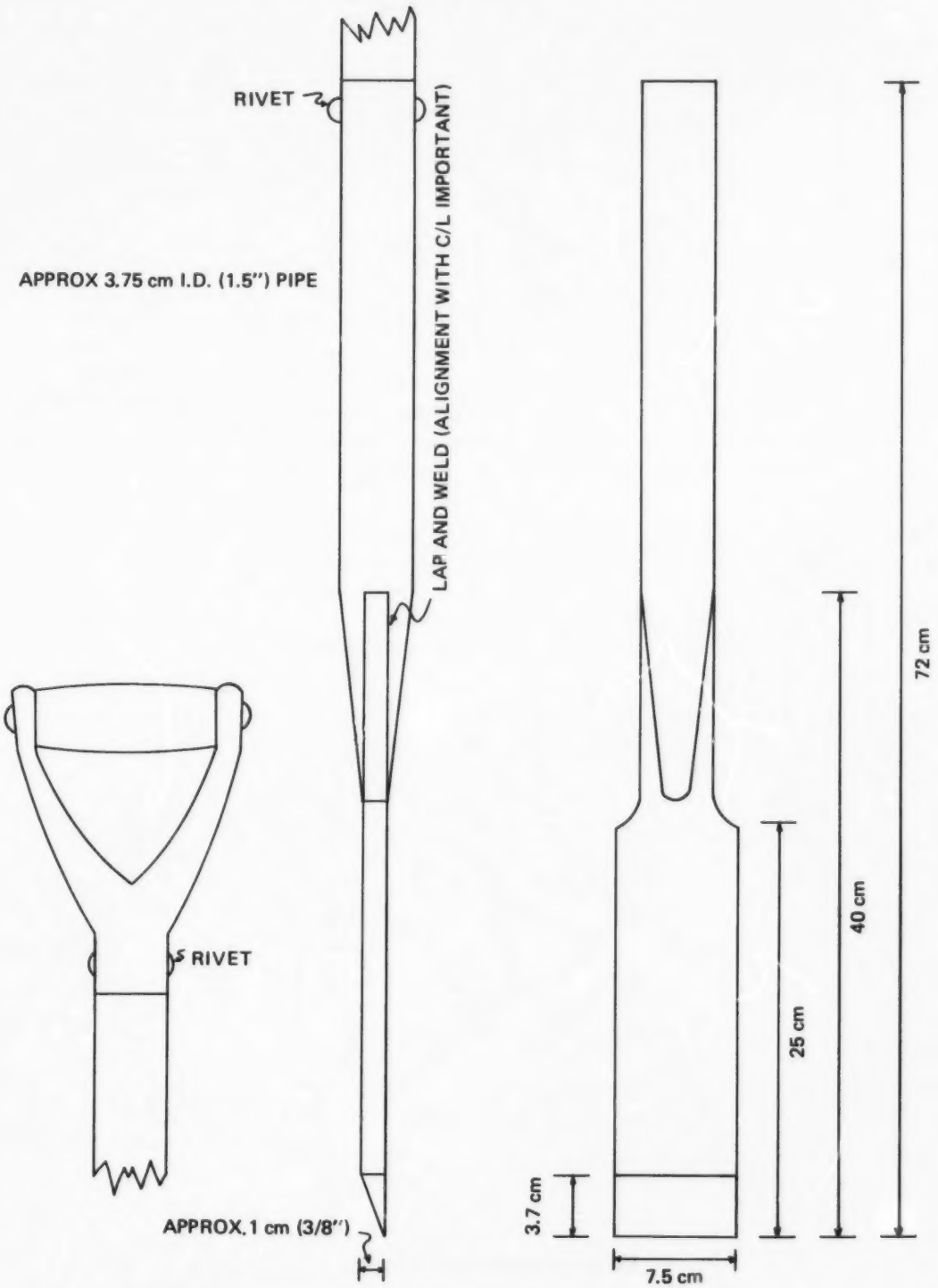


AIRPLANE HAND WINCH

- ICE BASE -



- ICE CHISEL -



BLADE: 1 x 7.5 x 40 cm TOOL STEEL HEAT TREATED TO ROCKWELL C58 - ELECTROETCH AND PAINT
HANDLE: 3.75 cm DIAM. STRAIGHT GRAINED ASH
OVERALL LENGTH COMPLETE: 2.0 m
WEIGHT: 5.0 Kg

Appendix C
Inventory of Equipment

Inventory of Equipment

SUMMER INVENTORY: C206 AIRCRAFT

Hand winch, 1/8 in. -7 x 19 stainless steel wire (365 m), G.M. Mfg. meter block for 1/8 in. wire

Swivel base for winch adapted to seat track

3 Niskin bottle racks with base for seat track and removable bottle tray

3 2.5-L Niskin bottles and 4 messengers

2 Coleman plastic coolers with sample bottles, dissolved oxygen bottles and chemical reagents

Applied Microsystems CTD-12 (in box): wrench, bar, alcohol, spares, case bolts, belts, start plug, tape, silicone grease

Tool box with usual mechanical tools: cable thimbles, Nicopress tool, shackles

0.5-m zooplankton net

Secchi disk

Surface thermometer -8°C to 32°C (0.05° divisions)

WINTER INVENTORY OF EQUIPMENT

Hand winch (as summer) with dismountable ice base (Fig. 6).

3 Niskin bottle racks with bottles and 4 messengers

CTD with box and spares – 2 bottles of alcohol

1 Cooler for chemistry and 1 dissolved oxygen bottle box

Tools

Stihl ice drill with spare auger flight, cutter and spare fuel

1 Custom ice chisel

Survival pack (sleeping bags, tent, stove, food, first aid kit)

Snow shovel

Environnement Canada Environment Canada

Techniques de levés limnologiques à l'aide de petits aéronefs

E.W. Marles

ÉTUDE Nº 139, COLLECTION DES RAPPORTS TECHNIQUES

DIRECTION GÉNÉRALE DES EAUX INTÉRIEURES
RÉGION DU PACIFIQUE ET DU YUKON
INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHES SUR LES EAUX
VANCOUVER (COLOMBIE-BRITANNIQUE) 1985

(Available in English on request)

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1986

N° de cat. En 36-503/139F

ISBN 0-662-93636-1

Table des matières

	Page
RÉSUMÉ	v
ABSTRACT	v
INTRODUCTION	1
CHOIX DES AÉRONEFS	1
OPÉRATIONS ESTIVALES	2
OPÉRATIONS HIVERNALES	2
INSTRUMENTS DE MESURE ET TRAITEMENT DES DONNÉES	3
Spécifications du matériel	3
MESURES DE SÉCURITÉ	3
SOMMAIRE	3
REMERCIEMENTS	4
ANNEXE A. Dimensions, capacités et coûts des aéronefs	13
ANNEXE B. Types de matériel et prix	23
ANNEXE C. Liste du matériel	31

Illustrations

Figure 1. Région étudiée	7
Figure 2. Cessna TU206G sur flotteurs – treuil manuel sorti	8
Figure 3. Vue intérieure du Cessna TU206G	8
Figure 4. Treuil manuel monté sur les rails de siège de l'avion	9
Figure 5. Treuil manuel monté sur un socle conçu pour la glace	9
Figure 6. Cessna A185F à train d'atterrissage convertible (roues ou skis), et équipe sur le terrain	10
Figure 7. Hélicoptère Hughes 500D et équipe sur le terrain	10
Figure 8. CTD-12 de Applied Microsystems	11
Figure 9. Machine de traitement de données	11
Figure 10. Exemple de données recueillies	12

Résumé

Ce rapport décrit les méthodes et les matériaux employés pour obtenir des données limnologiques en utilisant un petit avion. Cela a permis de faire des relevés techniques sur la conductivité, la température, la profondeur (CTP) et de prélever, à n'importe quel temps de l'année, des échantillons d'eau d'une chaîne de lacs profonds et éloignés dans le nord du pays.

Abstract

Methods and equipment for obtaining limnological observations from small aircraft are described. This system has enabled conductivity/temperature/depth (CTD) profiles and water samples to be collected in all seasons from a remote chain of deep northern lakes.

Techniques de levés limnologiques à l'aide de petits aéronefs

E.W. Marles

INTRODUCTION

L'institut national de recherches sur les eaux (INRE), Région du Pacifique et du Yukon, a entrepris à l'été de 1981 une étude par étapes des caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et géologiques des lacs sources du fleuve Yukon. L'échantillon choisi comprenait les lacs Atlin, Tagish, Marsh, Laberge, Teslin et Bennett, soit une région d'échantillonnage d'environ 140 sur 240 km (figure 1). Pour les caractéristiques physiques et chimiques, il était souhaitable d'obtenir une coupe longitudinale aussi instantanée que possible des paramètres d'étude pour mettre en lumière les processus physiques et chimiques. L'échantillonnage des 25 stations au moyen d'embarcations et de motoneiges aurait demandé au moins six jours de travail, et davantage en cas de mauvais temps. De plus, des sommes importantes auraient du être consacrées à la mise en place de caches à carburant.

C'est donc pour des raisons de rapidité et d'efficacité qu'on a choisi d'effectuer le travail à l'aide de petits aéronefs. La tournée des stations a pu se faire de façon régulière en trois jours. La rapidité des opérations d'échantillonnage à l'aide d'aéronefs a permis de profiter au maximum des courtes périodes de beau temps.

L'échantillonnage à l'aide d'aéronefs a également permis de retourner quotidiennement au laboratoire d'analyses sur le terrain à Whitehorse, afin de traiter les données physiques, ce qui a assuré une meilleure qualité des données et a permis de préparer les échantillons chimiques. Les coûts prévus de l'échantillonnage par aéronef et par bateau, compte tenu des heures de travail, de la logistique et du carburant, se sont avérés sensiblement équivalents.

Le présent document décrit le matériel spécialisé mis au point pour l'échantillonnage estival et hivernal dans une région septentrionale éloignée à l'aide de divers petits aéronefs. Une liste du matériel utilisé se trouve à l'annexe C.

CHOIX DES AÉRONEFS

La méthode d'échantillonnage mise au point devait permettre d'utiliser un aéronef relativement petit afin de réduire au minimum les coûts des opérations. L'aéronef retenu devait permettre l'utilisation d'un treuil pour faire descendre à 300 m sous l'eau le CTD de Applied Microsystems, permettre le prélèvement des échantillons d'eau à cette profondeur et pouvoir transporter deux techniciens pour faire le travail. Notre choix devait se faire parmi les aéronefs nolisés de la région. Pour les opérations estivales dans la région de Whitehorse, nous pouvions choisir parmi les appareils suivants : Cessna 185F, Cessna TU206G, DHC-2 «Beaver» et DHC-3 «Otter» de De Havilland. Tous ces appareils étaient montés sur flotteurs. Toutefois, le Cessna 185F sur flotteurs était trop petit et l'ouverture des portes était insuffisante; de plus, le nolisement des appareils de De Havilland était trop dispendieux.

Une fois notre choix arrêté sur le Cessna TU206G sur flotteurs, un treuil manuel a été spécialement conçu pour être boulonné directement sur les rails du siège de l'avion (figure 4) et pour être déployé par la porte de chargement arrière double (figure 2). Un support à éprouvettes a également été conçu pour être boulonné en place dans l'avion (figure 3).

De même, pour les opérations hivernales nous avons choisi l'appareil qui convenait le mieux parmi ceux qui étaient disponibles. Le matériel nécessaire à l'échantillonnage hivernal pouvait être transporté dans le Cessna 185F à train d'atterrissage convertible (roues ou skis), puis être placé sur la glace pour faire l'échantillonnage proprement dit (figure 6). Un socle démontable a été conçu pour supporter le treuil sur la glace (figure 5).

En cas de doute sur le danger que posait l'atterrissage d'un avion sur la glace, nous avons utilisé un hélicoptère. Cet appareil nous permettait de vérifier l'épaisseur de la glace avant de couper le moteur. Pour ce travail,

nous avons utilisé des hélicoptères Hughes 500D et Bell 206B, dont les patins étaient munis de «Pattes d'ours». Vous trouverez à l'annexe A les dimensions, capacités et coûts d'utilisation des divers types d'aéronefs envisagés.

OPÉRATIONS ESTIVALES

Les opérations d'échantillonnage estivales (sur l'eau) décrites ici représentent l'ensemble du programme d'échantillonnage chimique et physique de la deuxième étape de l'étude. La première année d'étude limnologique ne comprenait que l'échantillonnage physique.

Les opérations d'échantillonnage se déroulent de la façon suivante. Le Cessna 206 amerrit à la station voulue, on ouvre les deux portes de chargement, on sort le châssis triangulaire du treuil, et le premier technicien déploie l'appareil CTD (figure 2). Le second technicien assiste le premier en guidant le CTD entre les flotteurs, en attachant des éprouvettes Niskin sur le câble et en faisant des observations de Secchi sur la profondeur et la température de surface. On descend le CTD à la vitesse d'environ 20 m/min. À certaines stations, on fait des relevés techniques et on prélève des échantillons à une profondeur pouvant atteindre 305 m. Aux stations d'étude chimique, on prélève habituellement des échantillons à six profondeurs différentes, ce qui nécessite deux ensembles de trois éprouvettes chacun. À l'aide d'un filet de 0.5 m de diamètre, on prélève le zooplancton contenu dans une colonne de 50 m. Lorsqu'il y a des vagues et du vent fort, souvent supérieur à 10 noeuds, le pilote doit faire tourner le moteur contre le vent afin de réduire l'angle que fait le câble à cause de la dérive. Le Cessna 206 sur flotteurs peut se poser et procéder à l'échantillonnage dans des vents de 10 à 15 noeuds. Parfois, on doit se poser dans un endroit à l'abri du vent et circuler à flot jusqu'à la station.

Le CTD-12 de Applied Microsystems renferme un enregistreur qui utilise une bande magnétique de 0.25 po montée sur des bobines de 3 po. Les données de chaque station sont enregistrées sans qu'il soit nécessaire d'ouvrir le boîtier du CTD ni de faire une inspection intérimaire de ces données. À la fin de chaque jour, les données physiques de l'échantillonnage sont lues et traitées à l'aide d'un lecteur de bandes MOD 769 de Applied Microsystems et d'un micro-ordinateur Hewlett-Packard 85.

Le micro-ordinateur fournit des graphiques de température par rapport à la profondeur et à la conductivité. De plus, des données de profondeur standard cataloguées permettent aux techniciens de vérifier sur place la qualité des données et de fournir instantanément un rapport de données préliminaire. Les échantillons chimiques sont filtrés ou conservés, selon le cas, au laboratoire d'analyses sur le terrain.

OPÉRATIONS HIVERNALES

Prélever des échantillons d'eau en hiver présente à la fois des avantages et des inconvénients. Le principal avantage des opérations hivernales est que la glace offre une surface de manoeuvre stable sur laquelle l'équipe d'échantillonnage peut placer son matériel et travailler à son aise. De plus, les périodes de beau temps sont généralement plus longues en hiver. Le vent ne nuit pas à l'échantillonnage proprement dit, mais le facteur de refroidissement peut présenter des risques pour le personnel.

Parmi les inconvénients, il y a l'incertitude sur l'épaisseur de la glace qui compromet parfois l'atterrissage. En effet, des facteurs localisés font varier significativement l'épaisseur de la glace, même entre des points très rapprochés. Lorsque la température est inférieure à -10 °C, les appareils d'échantillonnage ont tendance à givrer. On remédie à ce problème en aspergeant généreusement le matériel de méthanol. De plus, par ces températures, il est difficile d'empêcher les échantillons d'eau de geler. L'eau qui recouvre la glace à certains endroits cause également divers problèmes. (Parfois cette eau est suffisamment profonde pour remplir des bottes de 10 po de hauteur!) Les pilotes d'avion ou d'hélicoptère hésitent à se poser dans de pareilles conditions, car le train risque de briser la couche de neige et de s'enfoncer dans l'eau, ce qui rendrait le décollage périlleux. En pareil cas, on peut généralement s'éloigner de quelques centaines de mètres de l'endroit inondé et trouver un endroit plus propice à l'atterrissage. Il est préférable de déplacer quelque peu l'emplacement d'une station que de ne faire aucun échantillonnage à cette station.

Pour les opérations hivernales, il a fallu modifier le treuil manuel en construisant un socle muni de pattes emboîtables qui facilitent le rangement dans l'aéronef (annexe B). Pour faire les trous d'échantillonnage, on utilise une tarière à glace motorisée Stihl et pour l'échantillonnage chimique, on agrandit ces trous à l'aide d'un ciseau à glace spécialement conçu à cet effet. Habituellement, nous perçons trois trous en triangle. Afin de passer l'appareil plus facilement dans un trou de tarière de 8 po, nous utilisons un CTD dont le diamètre du boîtier a été réduit. Le diamètre des modèles AML CTD-12 les plus récents a été réduit à un maximum de 6.5 po (16.5 cm).

INSTRUMENTS DE MESURE ET TRAITEMENT DES DONNÉES

Spécifications du matériel

Les spécifications du matériel sont les suivantes :

- CTD-12 de Applied Microsystems muni d'un appareil spécial de détection de conductivité à double échelle (0 à 0.5 ppt et 0 à 50 ppt) et d'un enregistreur interne qui utilise une bande magnétique de 0.25 po montée sur des bobines de 3 po

Conductivité	0 à 0.5 ppt échelle étalonnée sur place 0 à 150 μS± 1 μS
Température	- 2 °C à 30 °C ± 0.02 °C
Profondeur	0 à 650 m ± 0.1 % à échelle unique
Poids	7 kg dans l'air et 5 kg dans l'eau

- Lecteur de bandes modèle 769 de Applied Microsystems, interface RS-232C
- Micro-ordinateur Hewlett-Packard 85, 32 K de mémoire vive, interface RS-232C, entrée/sortie de mémoire passive

Les données CTD sont enregistrées sur bandes en séries de stations étudiées sans identification particulière. L'Institut national de recherches sur les eaux a mis au point un logiciel pour traiter les données recueillies par le CTD-12 de Applied Microsystems. Les cycles de descente et de montée de l'appareil sont indiqués sur l'écran de visualisation de l'ordinateur, et les lots subséquents sont séparés par des valeurs de conductivité nulles. Le registre de la station est utilisé pour identifier chaque lot au moyen de leur numéro d'emplacement sur la bande. On procède à une deuxième vérification de l'emplacement d'une station en comparant le registre pris sur place de l'indicateur de câble déroulé à la profondeur indiquée par la sonde de profondeur. Les données enregistrées pour toute une station sont insérées dans le micro-ordinateur et emmagasinées temporairement sur la bande de traitement. Les données sont ensuite converties en unités techniques.

Les données sont habituellement corrigées par le technicien sur place, le plus souvent le jour même où elles sont recueillies. On a attribué une valeur de surface aux données de profondeur, car l'appareil ne possède pas de réglage permettant de tenir compte de la pression ambiante. Une fois les corrections apportées, l'imprimante thermique du micro-ordinateur produit des diagrammes de température en fonction de la conductivité.

Une fois les diagrammes complétés, l'en-tête de la station pour la bande de stockage est fournie à l'ordinateur avec des données provenant du registre de la station, et ces données sont emmagasinées sur une cassette de stockage distincte. Les diagrammes sur papier et les résumés de données de station fournissent un rapport de données préliminaire instantané (figure 10).

MESURES DE SÉCURITÉ

Pour les opérations estivales, le matériel de survie habituellement transporté par les aéronefs nolisés répondait à nos besoins. Afin de parer à toute éventualité, et pour augmenter les chances de survie dans l'eau froide des membres de l'équipe sur le terrain, ces derniers revêtaient des combinaisons de survie «Uvic Thermofloat» de Mustang Sportswear Ltd.

Pour les opérations hivernales, nous avons pris des mesures de sécurité plus strictes. Les équipes sur le terrain transportaient leur propre matériel de survie comprenant des sacs de couchage en duvet conçus pour le froid polaire, des aliments déshydratés surgelés, un petit réchaud et une tente. De plus, les membres de l'équipe portaient des bottes isolées de marque Bata, car l'échantillonnage se faisait parfois à des températures pouvant atteindre -40 °C.

Le fait de ne pas connaître à l'avance l'épaisseur de la glace constituait l'élément de danger le plus sérieux. Comme il était risqué de se poser sur les lacs Atlin et Tagish avec un avion monté sur skis, le groupe d'étude a commencé à utiliser des hélicoptères. L'idée d'envoyer des équipes de reconnaissance pour évaluer l'état de la glace a été étudiée, mais non retenue. En effet, les variations d'épaisseur de la glace entre des points rapprochés et les difficultés de communication avec les habitants isolés rendaient cette solution non pratique.

SOMMAIRE

Le présent rapport décrit une méthode d'échantillonnage limnologique à l'aide d'aéronefs qui a permis :

(a) de faire l'échantillonnage à plusieurs reprises d'une région de 400 km dans un intervalle de trois jours;

(b) de faire l'échantillonnage de température et de conductivité à une profondeur constante de 300 m;

(c) d'obtenir des échantillons chimiques normalisés à une profondeur de 300 m; et,

(d) d'accomplir un programme d'échantillonnage limnologique pendant toute une année dans une région septentrionale éloignée.

REMERCIEMENTS

Les travaux décrits dans le présent rapport n'auraient pu être accomplis sans le précieux concours de nombreuses personnes. Nous tenons à remercier E.C. Carmack qui a entrepris la mise au point de méthodes d'échantillonnage limnologiques à l'aide d'aéronefs de moyennes dimensions et qui a encouragé la réalisation de ce rapport; Warren Foster qui a fabriqué la plus grande partie de notre matériel mécanique spécialisé; Monty Alford qui a fourni les spécifications des ciseaux à glace; Ray Kirkland qui a contribué aux travaux sur le terrain; Ron Wiegand et Jeanne Cheng qui ont élaboré les programmes de traitement des données. Nous tenons également à remercier les pilotes des divers appareils nolisés pour l'efficacité de leur travail.

Figures 1 à 10

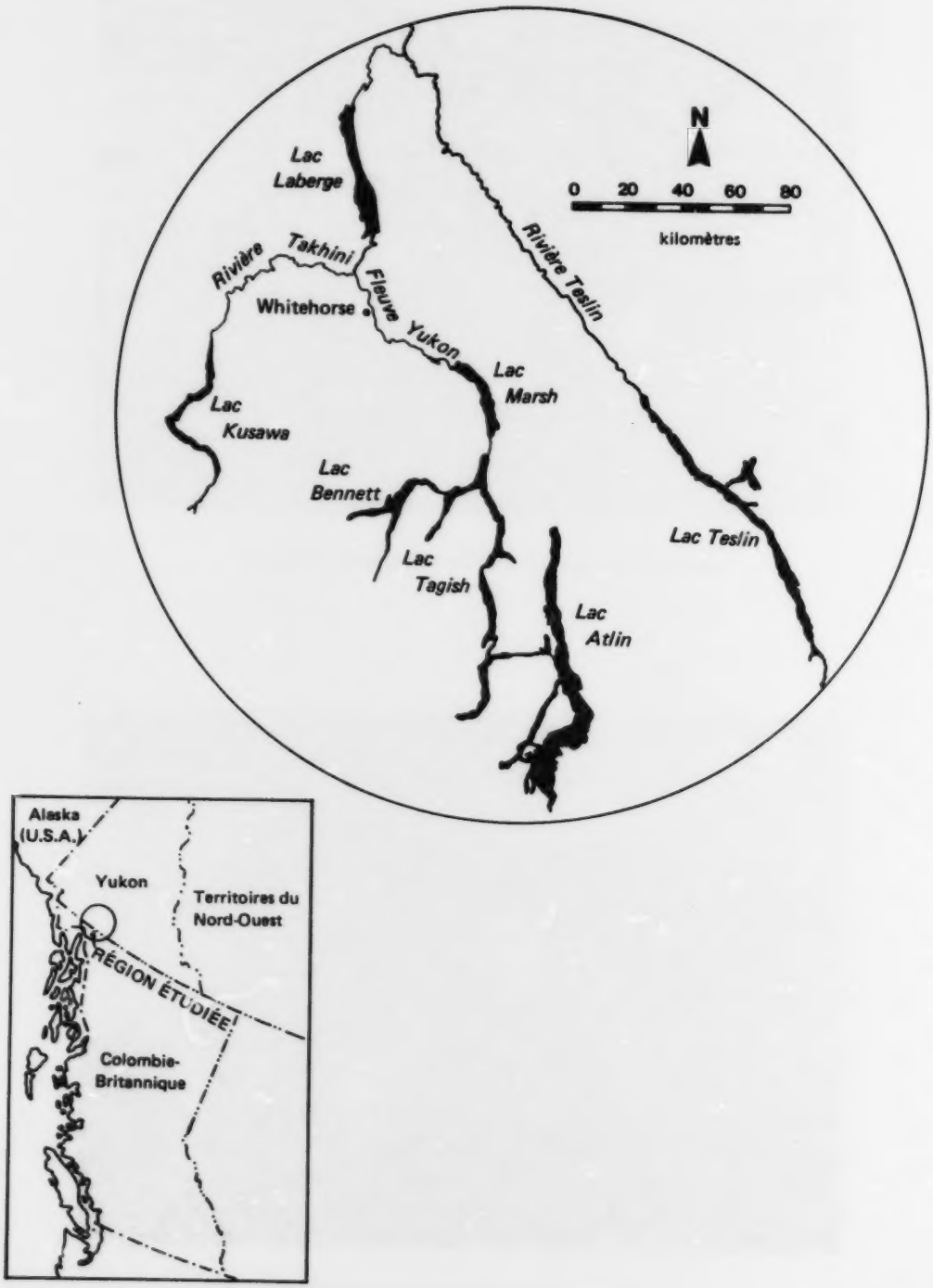


Figure 1. Région étudiée.

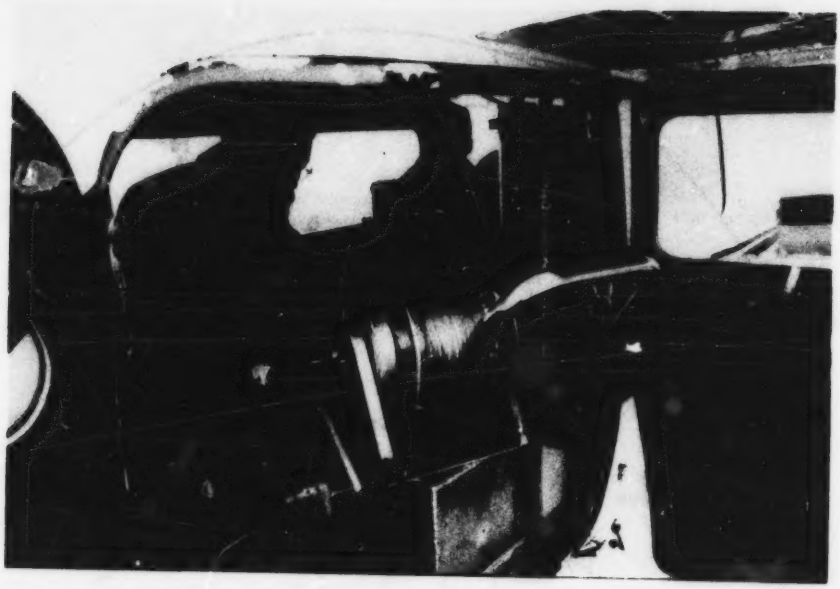


Figure 2. Cessna TU206G sur flotteurs – treuil manuel sorti.

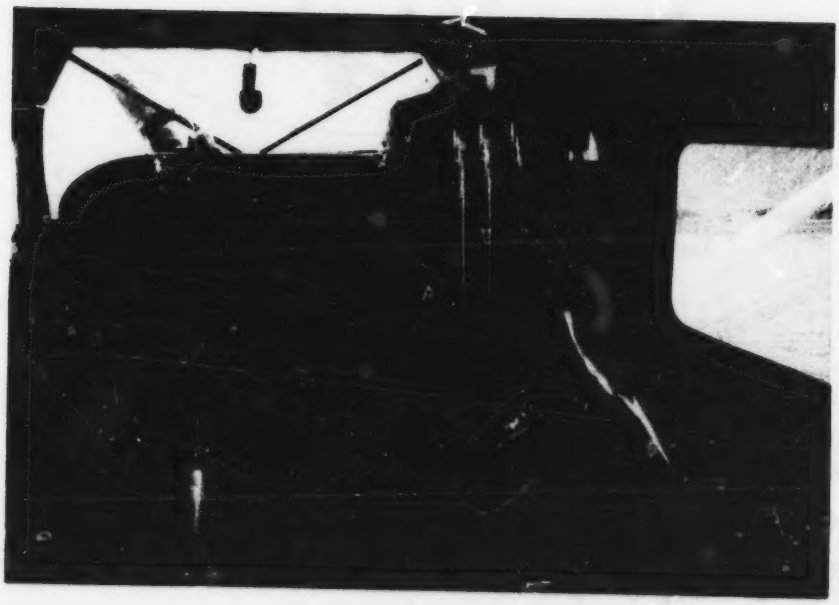


Figure 3. Vue intérieure du Cessna TU206G.

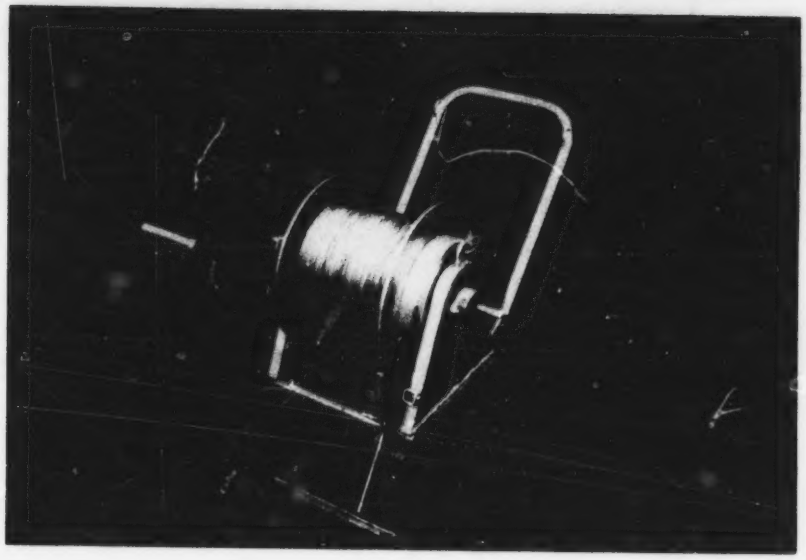


Figure 4. Treuil manuel monté sur les rails de siège de l'avion.

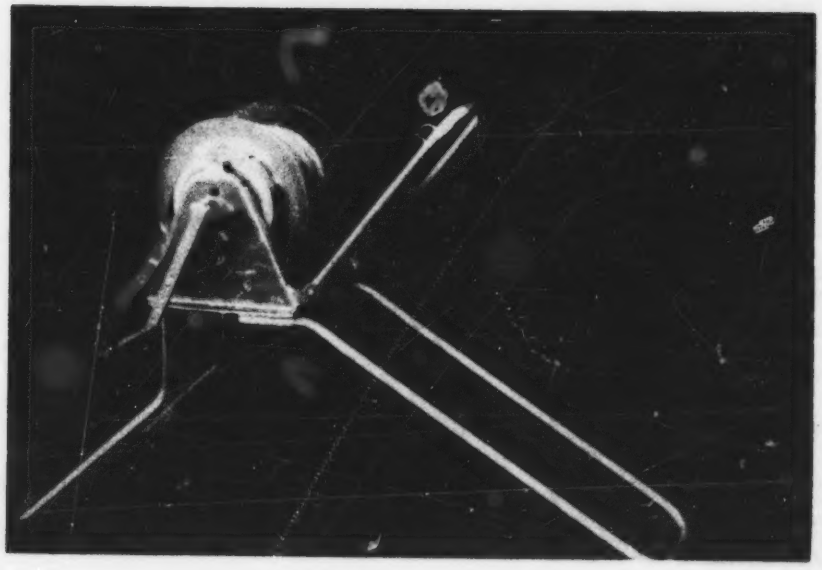


Figure 5. Treuil manuel monté sur un socle conçu pour la glace.

Figure 6. Cessna A185F à train d'atterrissage convertible (roues ou skis), et équipe sur le terrain.

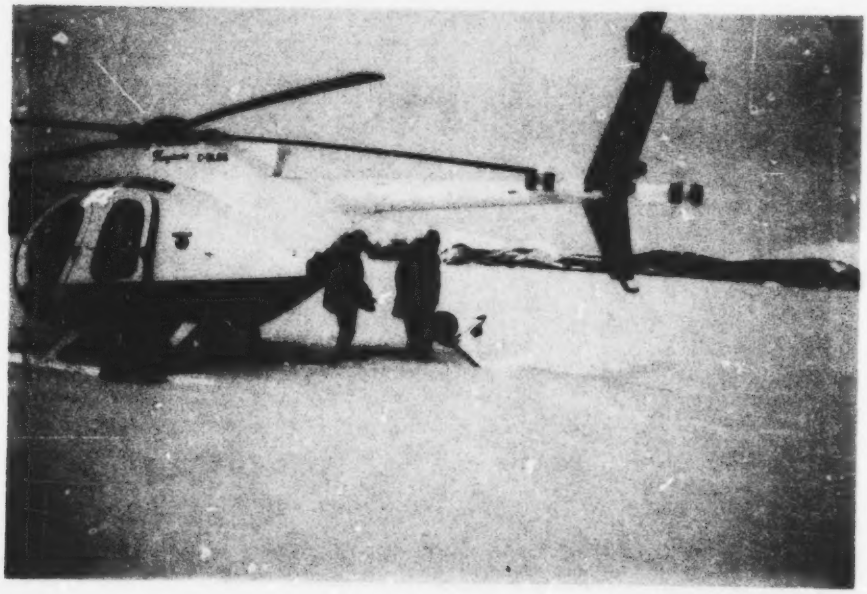
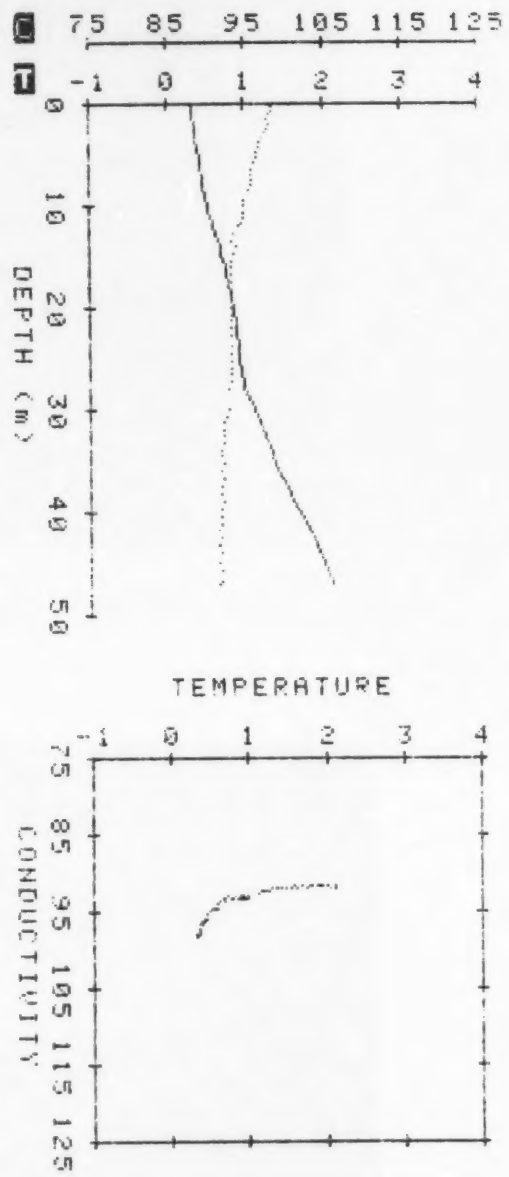


Figure 7. Hélicoptère Hughes 500D et équipe sur le terrain.

Figure 8. CTD-12 de Applied Microsystems.

Figure 9. Machine de traitement de données.




```
DATA STORED IN FILE LL3G
NUMBER OF RECORDS =  87
NUMBER OF SCANS =  74


AMI TAPE LABEL: LLHS840327
OPERATOR'S NAME: EM
CRUISE No. : 1
DATE(yymmdd): 840327 TIME: 1046
LAKE: LABERGE
STATION: LL-3          CAST: 1
LAT:              LONG:


 DEPTH    TEMP C25 TRANS

   0.0     .31  98  75.9
   2.0     .35  98  75.9
   5.0     .41  96  75.9
  10.0     .52  95  75.9
  15.0     .71  93  75.9
  20.0     .85  93  75.9
  25.0     .92  93  75.9
  30.9    1.12  93  75.9
  40.0    1.69  92  75.9
  46.9    2.10  92  75.9
```

Figure 10. Exemple de données recueillies.

Annexe A
Dimensions, capacités et coûts des aéronefs

Dimensions, capacités et coûts des aéronefs

Les tableaux A-1 et A-2 résument les capacités des aéronefs et les coûts relatifs du nolisement. Le tableau A-3 contient les coûts réels par heure de vol. Dans les figures qui suivent les tableaux, nous trouvons les dimensions des aéronefs.

Tableau A-1. Résumé des capacités de l'aéronef

Type d'aéronef	Poids à vide de l'aéronef			Masse brute	Masse du carburant	Carburant consommation/h
	À roues	À skis/patins	À flotteurs			
C185	1871	2011	2163	3350	446	108
C206	2075	–	2379	3600	552	115
DHC-2	3315	–	3415	5090	640	175
DHC-3	4631	4926	5116	8000	1281	220
H500	–	1360	–	3000	412	138
B206	–	1750	–	3200	491	172

Note : 1. Toutes les masses sont données en livres.
2. Abréviations :

C185 – Cessna A185F
C206 – Cessna TU206G
DHC-2 – De Havilland «Beaver»
DHC-3 – De Havilland «Otter»
H500 – Hélicoptère Hughes 500D
B206 – Hélicoptère Bell 206B

Tableau A-2. Coûts relatifs du nolisement

Aéronef	Type	$ can./min	$ can./h	Coût relatif
C185	Skis	1.25	160.00 + carburant	1.00
C206	Flotteurs	1.50	180.00 + carburant	1.13
DHC-2	Flotteurs	2.06	227.00 + carburant	1.52
DHC-3	Flotteurs	2.50	250.00 + carburant	1.72
H500	Patins	–	450.00 + carburant	2.58
B206	Patins	–	500.00 + carburant	2.86

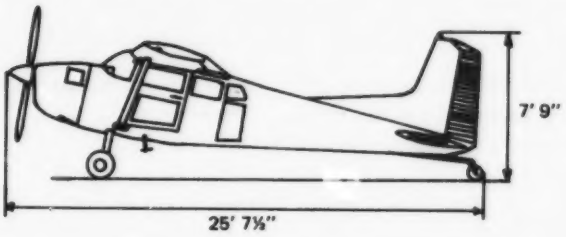
Note : 1. Chiffres basés sur divers tarifs de 1983 et 1984; le coût réel peut varier selon le transporteur.
2. Le coût relatif ne tient pas compte de la capacité de chargement ni de la vitesse.

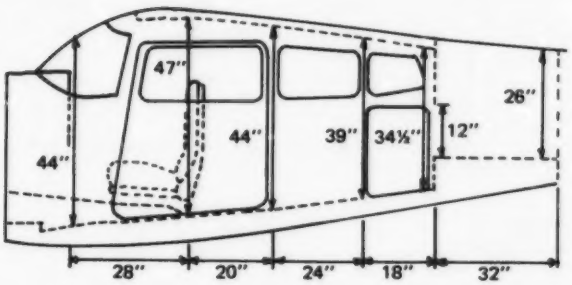
Tableau A-3. Coûts réels par heure de vol

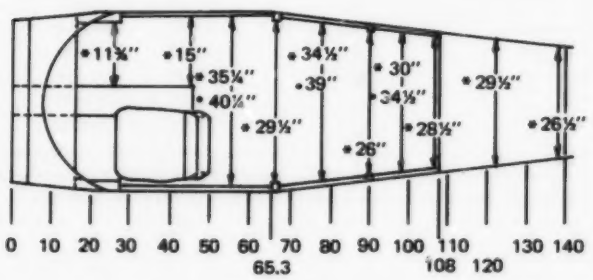
Saison	Coûts par étude	Coûts par station
Été 1983	2000 $ can.	80 $ can.
Hiver 1983-1984	3400 $ can.	136 $ can.

Note : Chaque étude comprend environ 25 stations réparties sur une région d'environ 400 km.

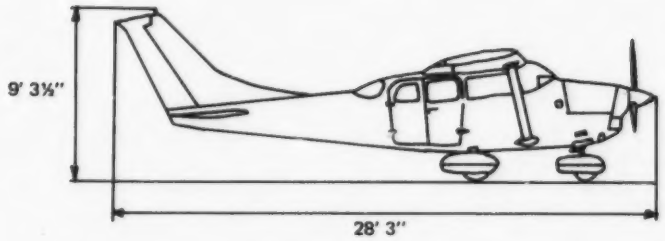
CESSNA A185F

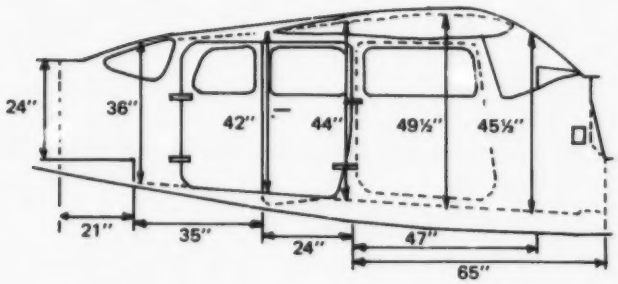


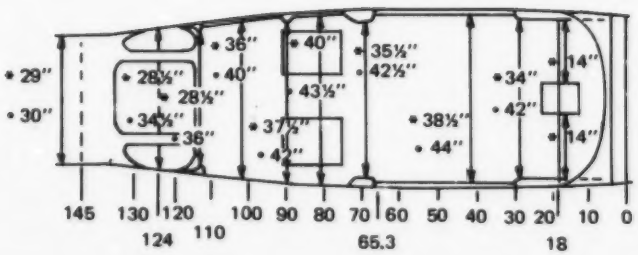




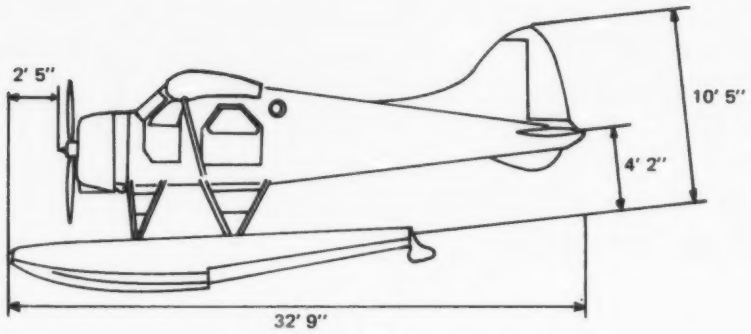
CESSNA TU206G



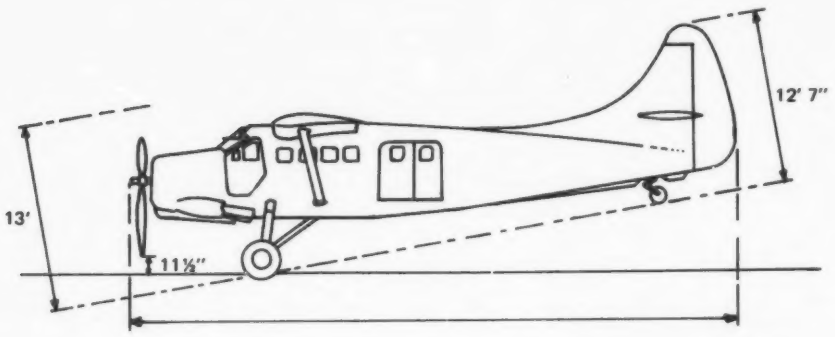


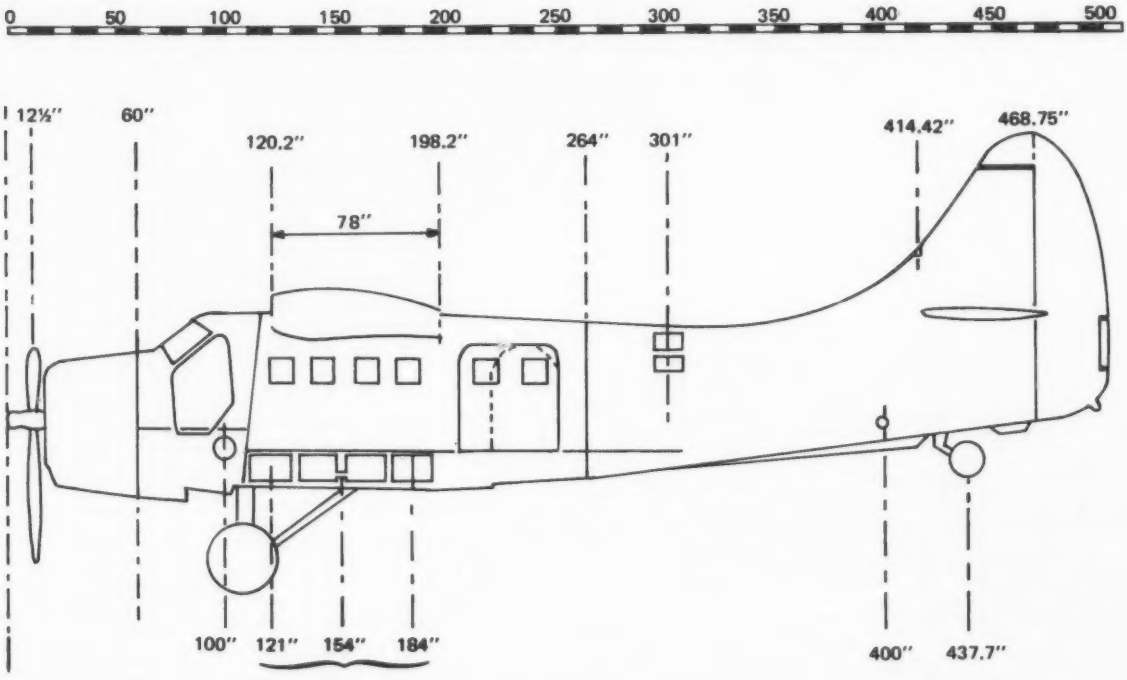


DEHAVILLAND DHC-2 "BEAVER"

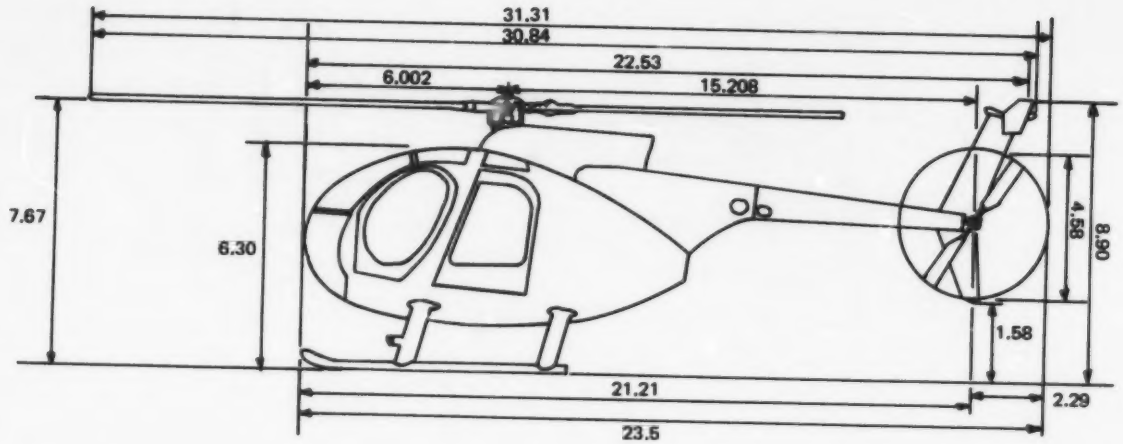


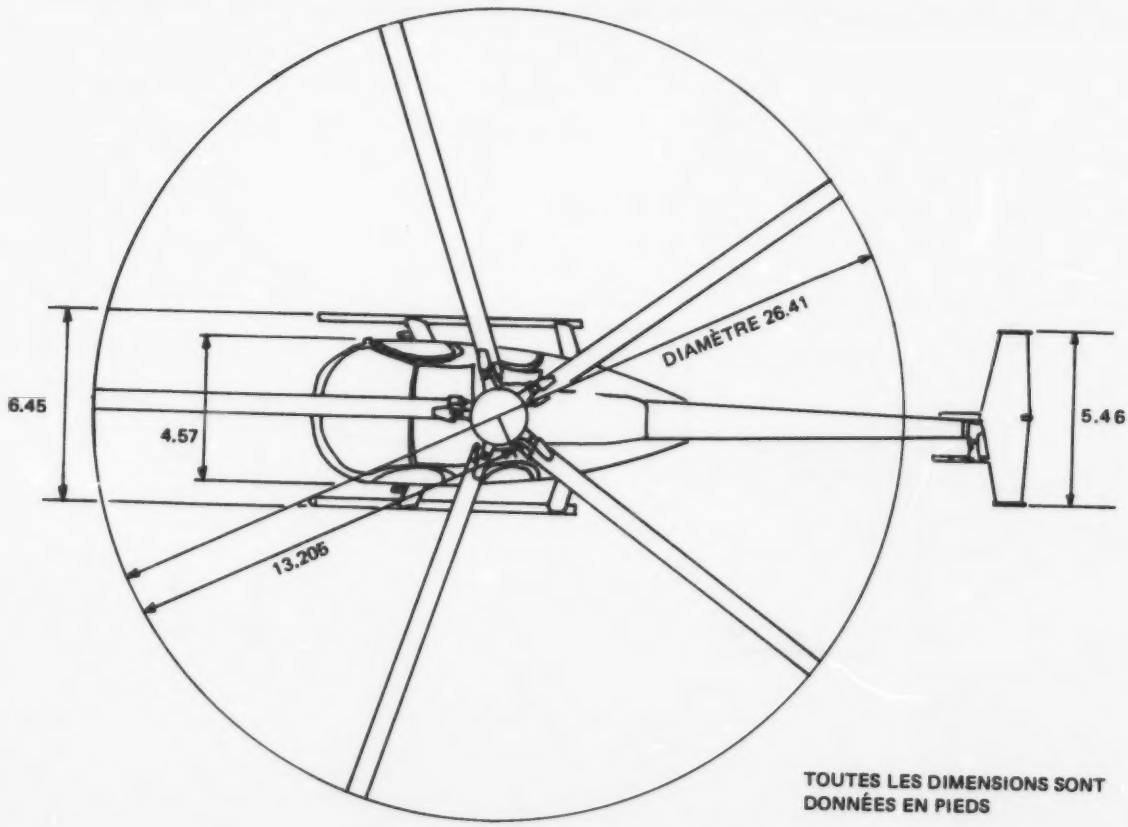
DEHAVILLAND DHC-3 "OTTER"



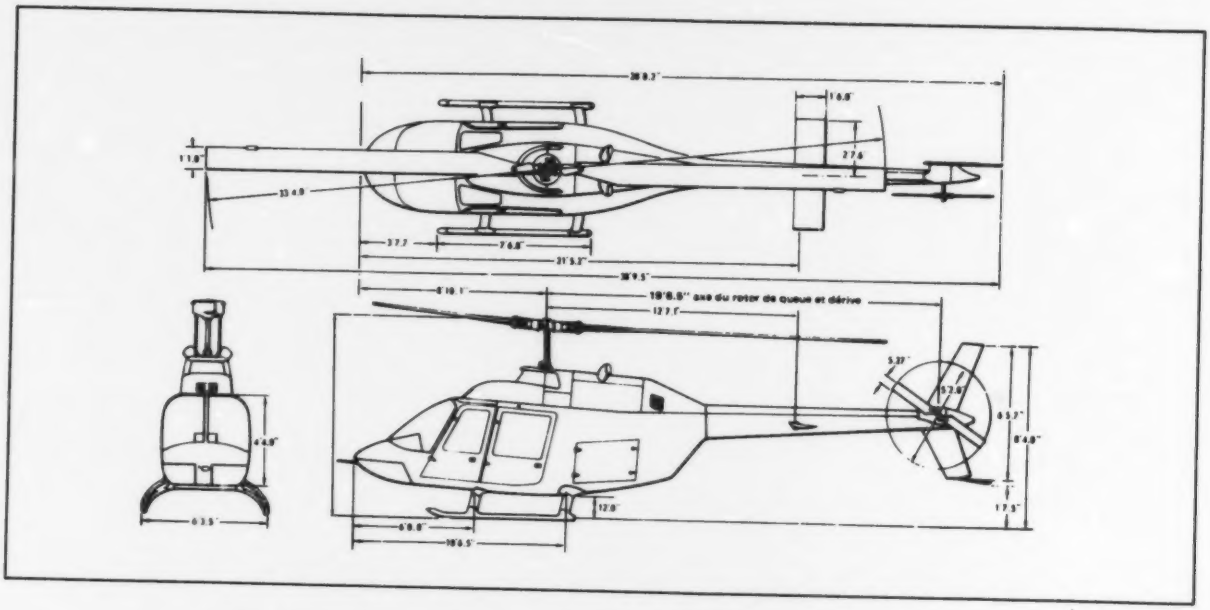


HUGHES 500





TOUTES LES DIMENSIONS SONT
DONNÉES EN PIEDS



BELL 206B

Vitesse de croisière moyenne			125 mi/h		193 km
Nbre de passagers + 1 pilote			4		
Masse brute max., carburant compris			lb		kg
Chargement intérieur			3200		1452
Chargement extérieur			3350		1520
Flotteurs fixes			3000		1361
Masse opérationnelle			lb		kg
IFR S/O					
VFR			1750		794
Charge utile			lb		kg
Chargement intérieur max.			1450		658
Chargement extérieur max.			1200		545
Type de carburant					JP1, JP4, JP5
Capacité des réservoirs de	L	kg	gal U.S.	gal imp.	lb
carburant (réservoirs standard)	273	212	76	63	491
Consommation de carburant			78 kg/h		100 L/h
			172 lb/h		22 gal/h
Distance franchissable			350 mi		565 km
Autonomie			2.7 h		
Élinguée max.			1200 lb		544 kg
Vitesse max. avec élinguée					Varie selon la charge
Capacité des réservoirs de carburant			78 gal imp.		354.5 L
(le cas échéant)			608 lb		276 kg

Annexe B
Types de matériel et prix

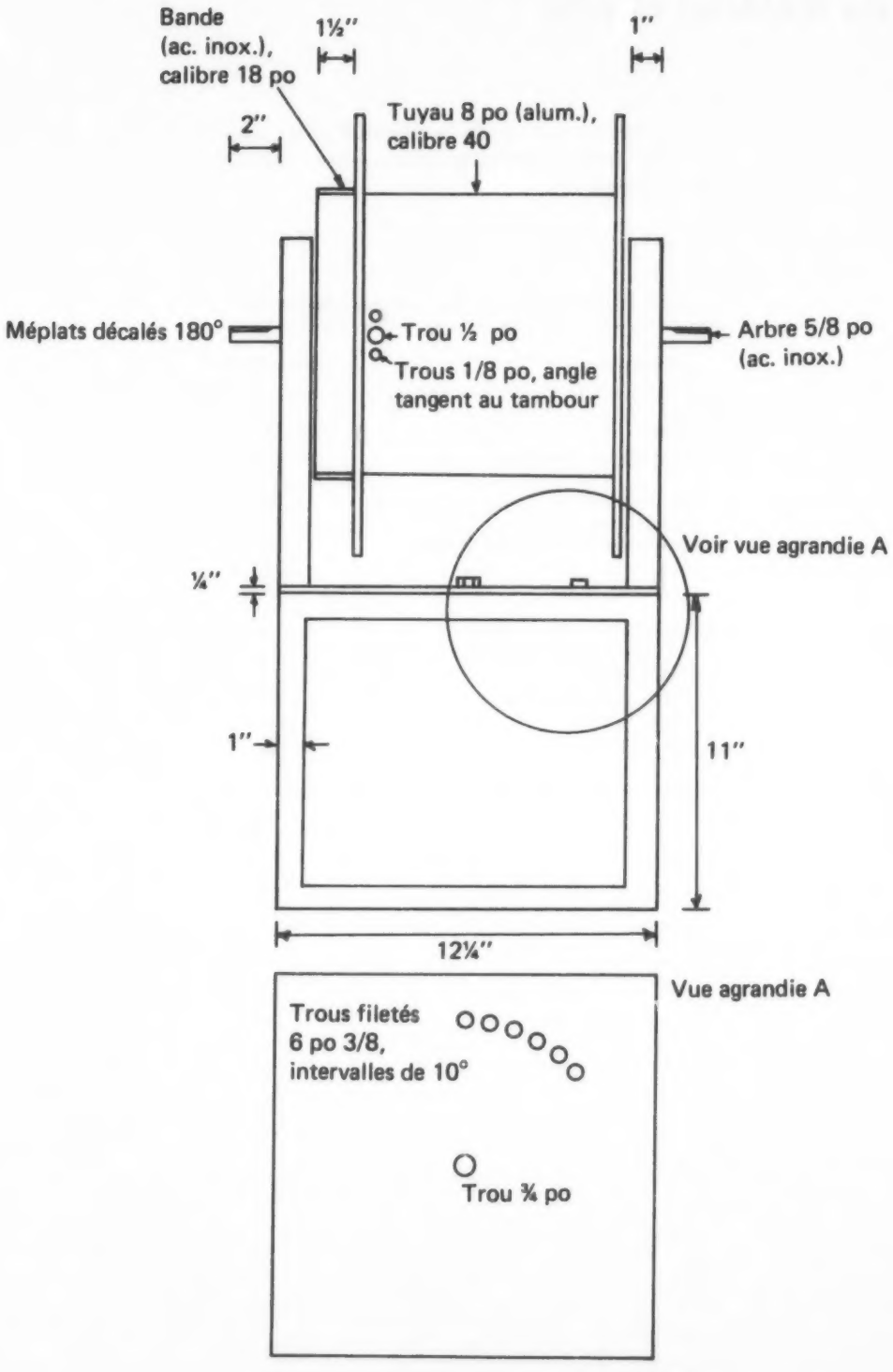
Types de matériel et prix

Le tableau B-1 résume le coût d'achat du matériel. Dans les figures qui suivent les tableaux, nous décrivons le type de matériel.

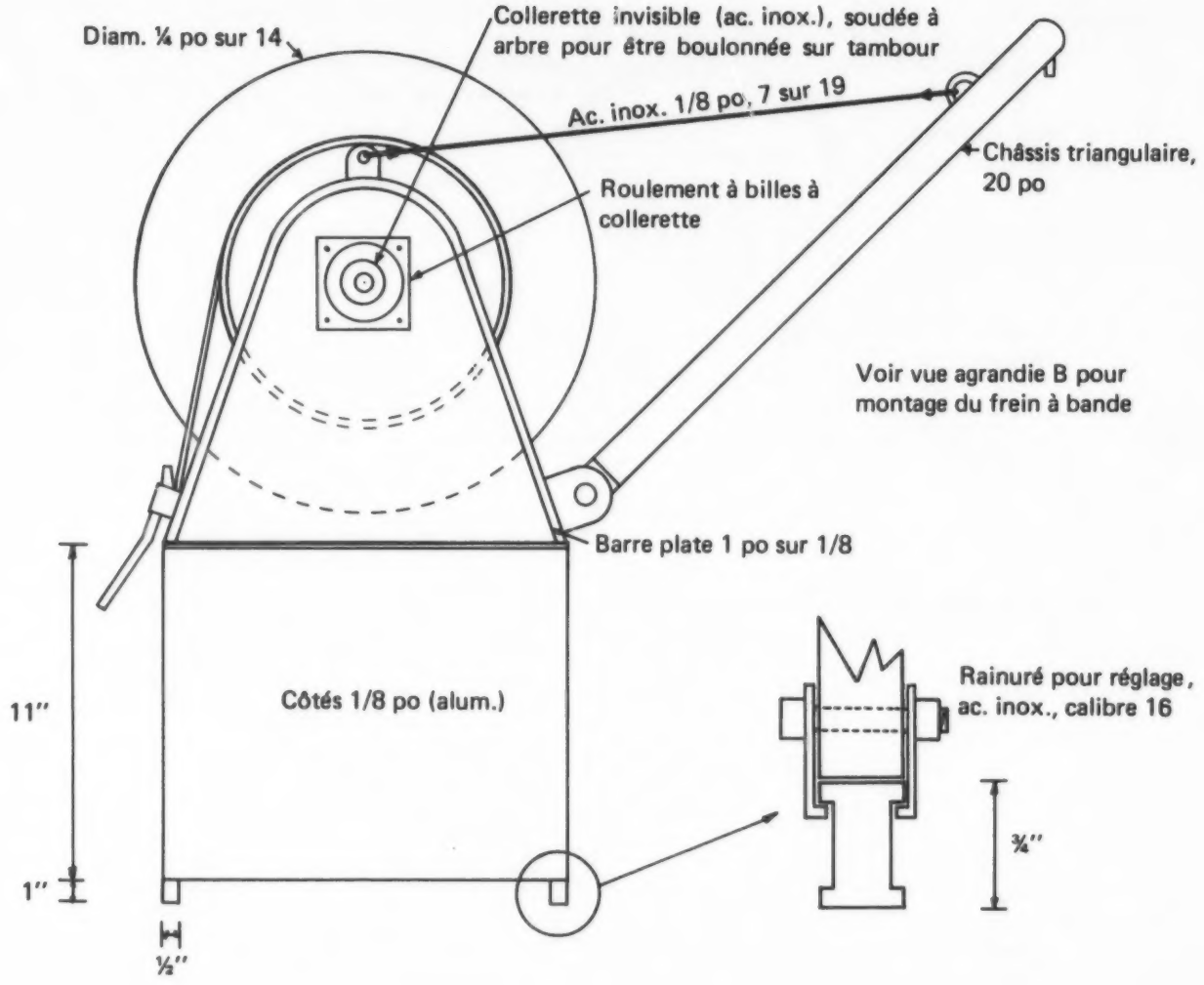
Tableau B-1. Coût d'achat du matériel (en dollars de 1982)

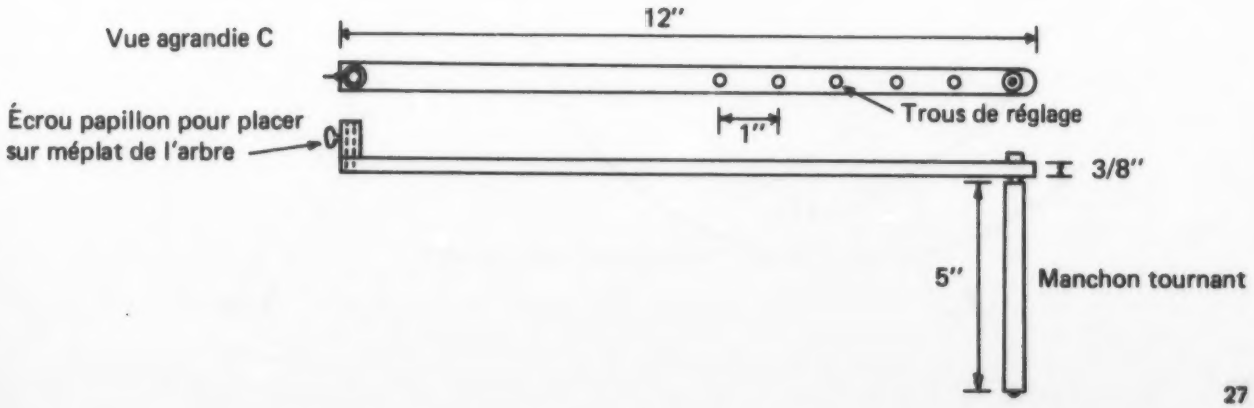
Opérations	Milliers de $ can.
En été	
Treuil	1.1
Câble et bloc à mesurer	1.0
CTD	8.0
Lecteur de bandes	5.0
Micro-ordinateur	3.0
Matériel d'échantillonnage chimique	1.5
Outils	0.2
	19.8
En hiver (matériel supplémentaire)	
Socle du treuil (pour la glace)	0.3
Ciseaux à glace	0.2
Tarière à glace et réserves	1.0
Matériel de survie	1.0
Vêtements spéciaux	0.8
	3.3

TREUIL MANUEL D'AÉRONEF
– VUE DE FACE –

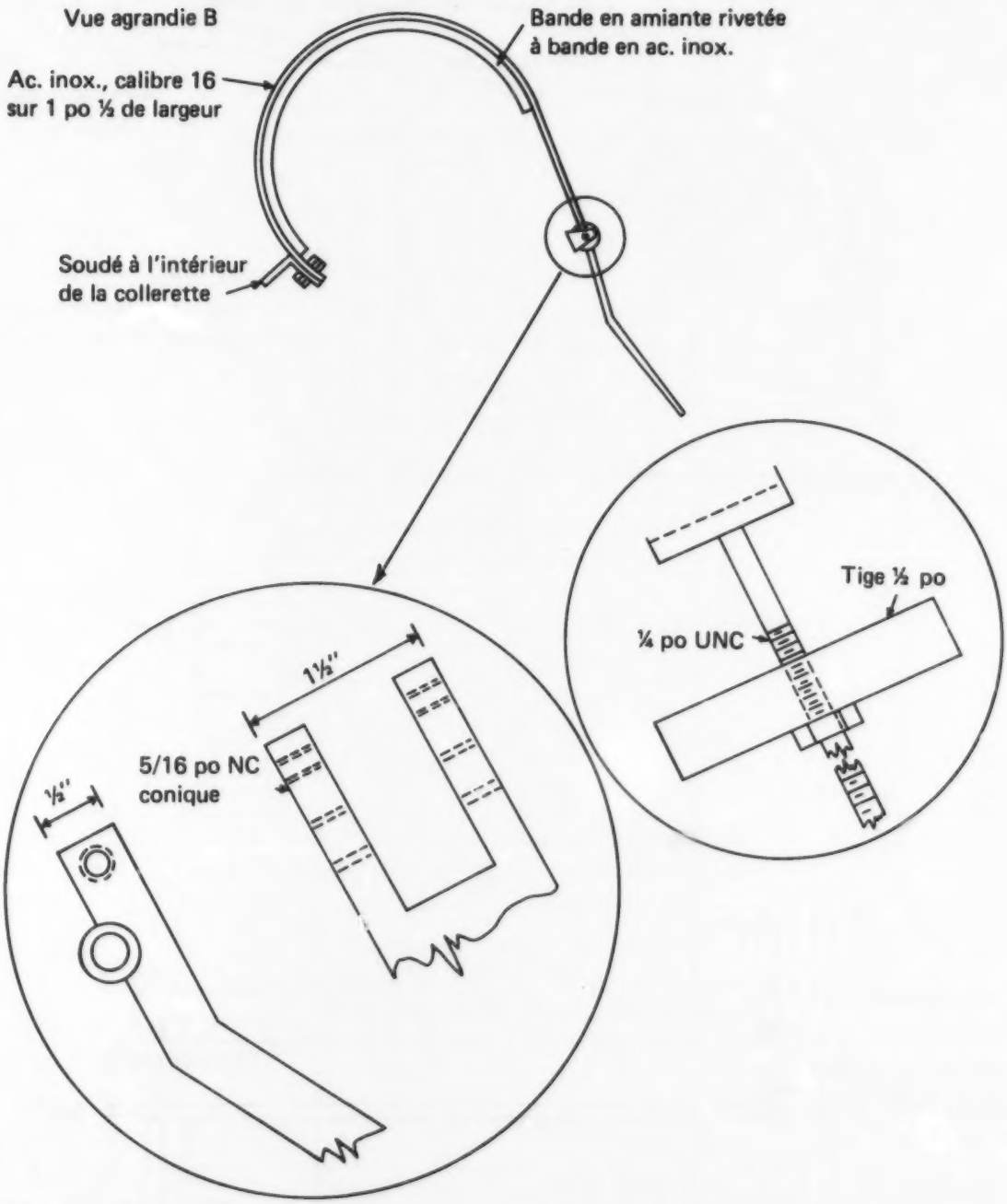


TREUIL MANUEL D'AÉRONEF
– VUE LATÉRALE –

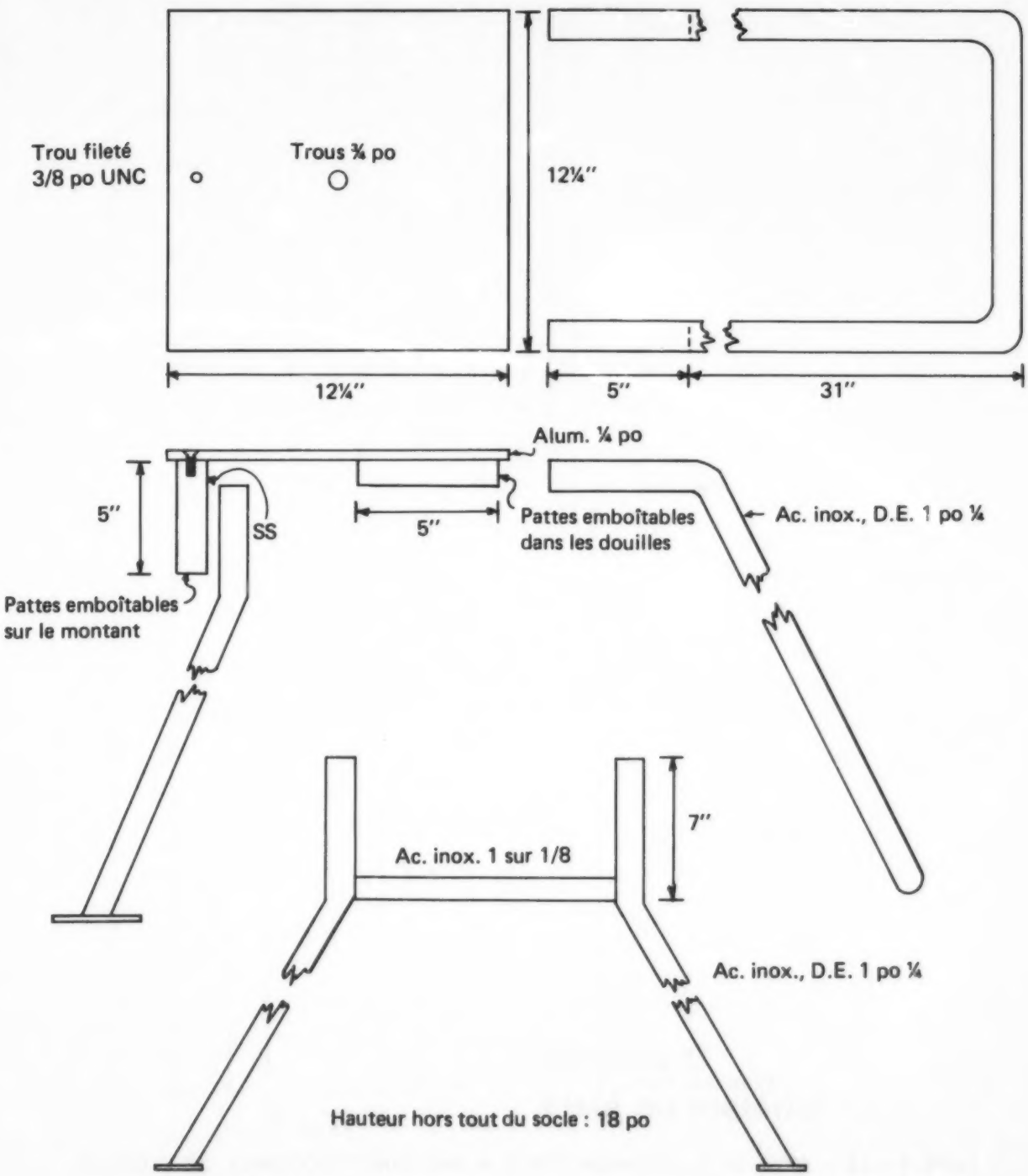




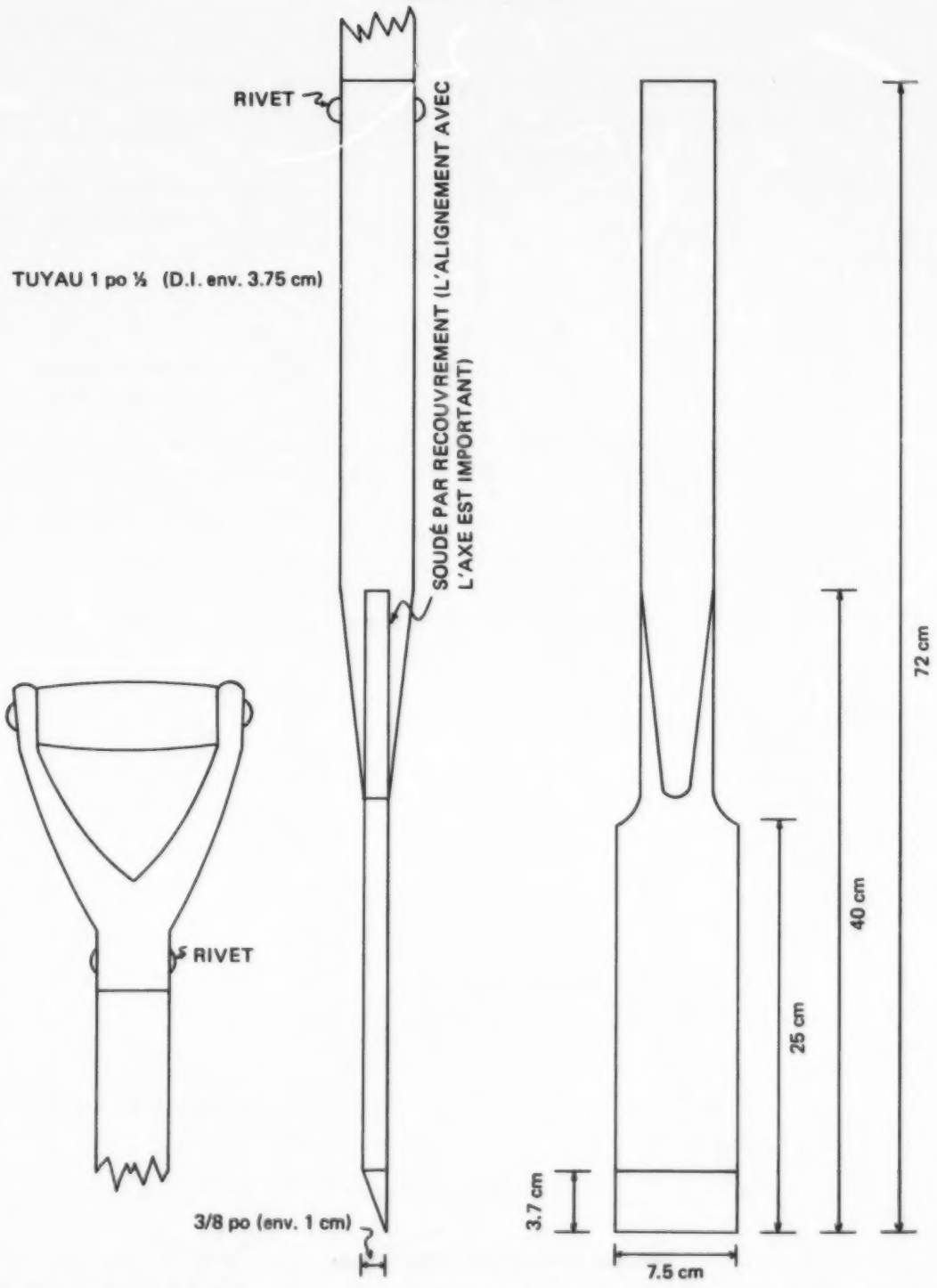
TREUIL MANUEL D'AÉRONEF
– VUE AGRANDIE DU FREIN À BANDE –



TREUIL MANUEL D'AÉRONEF
– SOCLE À GLACE –



– CISEAU À GLACE –



LAME : 1 x 7.5 x 40 cm OUTIL EN ACIER TRAITÉ À UNE DURETÉ ROCKWELL C58 – DÉCAPÉ PAR ÉLECTROLYSE ET PEINT
POIGNÉE : FRÊNE À GRAIN DROIT (DIAM. 3.75 cm)
LONGUEUR HORS TOUT : 2.0 m
POIDS : 5.0 Kg

Annexe C
Liste du matériel

Liste du matériel

LISTE DU MATÉRIEL ESTIVAL : AVION C206

Treuil manuel, câble en acier inoxydable de 1/8 de po -7 x 19 (365 m), bloc à mesurer pour câble de 1/8 de po (modèle G.M. Mfg.)

Base pivotante pour treuil adaptée aux rails de siège

3 supports à éprouvettes Niskin avec base pour rails de siège et plateau d'éprouvettes portatif

3 éprouvettes Niskin de 2.5 L et 4 «messagers»

2 glacières en plastique Coleman et éprouvettes, bouteilles d'oxygène dissous et réactifs chimiques

CTD-12 de Applied Microsystems (dans un boîtier), – clés, barre, alcool, réserves, boulons de boîtier, courroies, bouchons de démarrage, rubans, graisse au silicone

Boîte à outils – outils mécaniques courants, cosses de câble, outils Nicopress, manilles

Filet à zooplancton de 0.5 m

Disque Secchi

Thermomètre de surface -8 °C à 32 °C (graduation de 0.05°)

LISTE DU MATÉRIEL HIVERNAL

Treuil manuel (le même que pour les opérations estivales) – muni d'un socle à glace démontable (figure 6)

3 supports à éprouvettes Niskin avec éprouvettes et 4 «messagers»

CTD avec boîtier et réserves – 2 bouteilles d'alcool

1 glacière pour le matériel chimique et 1 boîte de bouteilles d'oxygène dissous

Outils

1 tarière à glace Stihl avec tarière de réserve, un couteau et du carburant de réserve

1 ciseau à glace fait sur mesure

Matériel de survie : sacs de couchage, tente, réchaud, nourriture, trousse de premiers soins

1 pelle à neige